

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2013

BC. KATEŘINA FARSKÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: Průmyslový management N3108

Studijní obor: Produktový management - 3106T014

DĚLENÍ A POJENÍ TEXTILIÍ POMOCÍ LASERU

PARTING AND BONDING OF TEXTILES BY LASER

Bc. Kateřina Farská

KHT - 3106T014

Vedoucí práce: Ing. Jana Čandová

Konzultant: doc. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.

Rozsah stránek: 50 - 60

Počet stran: 217

Počet znaků: 23 070

Počet tabulek: 26

Počet obrázků: 133

Počet stran příloh: 86

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

**DĚLENÍ A POJENÍ TEXTILIÍ POMOCÍ
LASERU**

**PARTING AND BONDING OF TEXTILES BY
LASER**

LIBEREC 2013

BC. KATEŘINA FARSKÁ

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci, 23. 5. 2013

Podpis:.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala touto cestou své vedoucí mé diplomové práce paní Ing. Janě Čandové za vedení a korekci mé práce a také mému konzultantovi panu doc. Ing. Jakobovi Wienerovi, Ph.D za poskytnutí všech potřebných informací, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout.

Anotace

Tato práce se věnuje dělení a pojení textilií pomocí CO_2 laseru 150 Flexi Marcatex laser system. Je zde uvedeno seznámení se zmiňovaným dělením a pojením syntetických textilních materiálů. Testovány na dělení a pojení jsou materiály PAD a PES ve formě tkanin a úpletů. Připravené vzorky byly proměřeny na mechanické vlastnosti a určeny parametry textilií. Práce je zaměřena na teoretický rozbor možností dělení a pojení laserem v textilním průmyslu. Na vybraných materiálech se testoval vliv rychlosti značení laseru na kvalitu dělení a možnost vytvoření svarového spoje.

Klíčová slova

CO_2 laser 150 Flexi Marcatex laser system, porozita, syntetické textilní materiály, tkanina, úplet, rychlost značení [bits/ms], dělení, pojení, polyamid, polyester.

Annotation

This work is dedicated to parting and bonding of textiles using CO_2 laser 150 Flexi Marcatex laser system. Here is shown getting mentioned splitting and can connect synthetic textile materials. Tested on parting and bonding PAD and PES are materials in the form of woven and knitwear. Prepared samples were measured on the mechanical properties and parameters of fabrics. The work is focused on the theoretical analysis of the possibilities of parting and laser bonding in the textile industry. The selected materials, tested the effect of speed on the quality of laser marking parting, and the ability to create a weld joint.

Keywords

CO_2 laser 150 Flexi Marcatex laser system, porosity, synthetic textile materials, fabric, knittedfabric, marking speed [bits/ms], parting, bonding, polyamide, polyester.

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ	10
SEZNAM TABULEK.....	11
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	13
1 Úvod.....	19
2 Teoretická část	20
2.1 Laser.....	20
2.1.1 Princip Laseru	20
2.1.2 Fyzikální podstata laseru.....	21
2.1.3 Konstrukční řešení laserů.....	25
2.1.4 Laserové paprsky	28
2.2 Spojování a oddělování materiálů.....	30
2.2.1 Šití	30
2.2.2 Pevnost švů	30
2.2.3 Lepení.....	33
2.2.4 Svařování	33
2.2.5 Mechanické metody oddělování a spojování textilií.....	33
2.2.6 Tepelné metody oddělování a spojování textilií.....	34
2.2.7 Elektrické metody oddělování a spojování textilií.....	34
2.2.8 Plazmové metody oddělování a spojování textilií.....	36
2.2.9 Elektronové metody oddělování a spojování textilií.....	37
2.2.10 Optické metody oddělování a spojování textilií.....	38
2.3 Vlastnosti vláken.....	39
2.3.1 Základní rozdělení vláken	39
2.3.2 Tepelné vlastnosti vláken.....	41
3 Praktická část	45
3.1 Rozbor mechanických vlastností zkoumaných textilních vzorků a zpracování základních parametrů tkaniny	45
3.2 Rozbor mechanických vlastností zkoumaných textilních vzorků a zpracování základních parametrů úpletů	56
3.3 Výsledné zhodnocení pro tkaniny a úplety	65
3.3.1 Výsledné zhodnocení pro tkaniny (viz kapitola 3.1).....	65
3.3.2 Výsledné zhodnocení pro úplety (viz kapitola 3.2).....	65

3.3.3	Porovnání zkoušených vzorků tkanin a úpletů s rychlosti značení 200 bits/ms a intenzitou laseru, která byla potřeba k celkovému proříznutí daného textilního materiálu (viz kapitola 3.1, 3.2)	66
3.4	Hodnocení porozity vytvořených textilních vzorků	76
3.4.1	Postup práce na laseru CO_2 150 FLEXI MARCATEX LASAR SYSTEM	76
3.4.2	Úprava vzorků laserem	78
3.5	Výsledné zhodnocení pro tkaniny a úplety	93
3.5.1	Výsledné zhodnocení pro tkaniny (viz kapitola 3.4.2)	93
3.5.2	Výsledné zhodnocení pro úplety (viz kapitola 3.4.2)	94
3.6	Mechanické vlastnosti zkoumaných textilních materiálů	97
3.6.1	Tvorba vzorků pro trhací stroj Testometric M 350 - 5CT a přípravu stroje	97
3.7	Výsledné zhodnocení pro tkaniny a úplety	110
3.7.1	Výsledné zhodnocení pro tkaniny a úplety (kapitola 3.6.1)	110
3.8	Ukázková řada lineárního proříznutí vzorku č. 1 a č. 3 tkaniny s plátňovou vazbou	112
3.8.1	Tvorba vzorků pro elektronový mikroskop FEI-PHENOM	112
3.9	Pojení textilních materiálů	121
3.9.1	Pojení tkanina a úpletů	121
4	Závěr	129
5	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	131
6	SEZNAM PŘÍLOH	134

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

PAD	polyamid
PES	polyester
cca	cirka
Tex.	textílie
Tex	výpočetní jednotka
bits/ms	rychlost značení
obr.	obrázek
tab.	tabulka
č.	číslo
tzn.	to znamená
cm	centimetr
N	newton
m	metr
mm	milimetr
μ	mikrometr
atd.	a tak dále
např.	například

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Používané typy laserů, převzato z [5]	27
Tab. 2: Měrná tepelná kapacita vybraných vláken za teploty 20 °C, převzato z [17]	42
Tab. 3: Tepelná vodivost pro vybrané polymery, převzato z [17]	44
Tab. 4: Označení vzorků tkanin	45
Tab. 5: Plošná hmotnost zkoumaných tkanin (vypočteno dle vzorce 16).....	47
Tab. 6: Jemnost osnovních a útkových přízí u tkanin (vypočteno dle vzorce 17)	48
Tab. 7: Průměrná hmotnost vzorků tkanin (vypočteno dle vzorce 18).....	49
Tab. 8: Statistické zpracování hmotnosti pro tkaniny (vypočteno dle vzorce 19).....	50
Tab. 9: Průměrná tloušťka vzorků tkanin (vypočteno dle vzorce 20).....	51
Tab. 10: Statistické zpracování tloušťky pro tkaniny (vypočteno dle vzorce 19, 20, 21).....	51
Tab. 11: Dostava osnovy a útku u tkanin (vypočteno dle vzorce 20).....	52
Tab. 12: Setkání osnovy a útku u tkanin (vypočteno dle vzorců 21, 22).....	52
Tab. 13: Hustota tkaniny (vypočteno dle vzorce 23).....	53
Tab. 14: Souhrnná tabulka všech vypočtených výsledků v této kapitole, pro vzorky tkanin.....	55
Tab. 15: Označení vzorků úpletů.....	56
Tab. 16: Plošná hmotnost zkoumaných úpletů (vypočteno dle vzorce 16).....	58
Tab. 17: Jemnost osnovních a útkových přízí u úpletů (vypočteno dle vzorce 17).....	59
Tab. 18: Průměrná hmotnost vzorků úpletů (vypočteno dle vzorce 18).....	59
Tab. 19: Statistické zpracování hmotnosti pro úplety (vypočteno dle vzorce 19).....	60
Tab. 20: Průměrná tloušťka vzorků úpletů (vypočteno dle vzorce 18).....	60
Tab. 21: Statistické zpracování tloušťky pro úplety (vypočteno dle vzorce 19).....	60
Tab. 22: Souhrnné určení hustoty sloupků a řádků, hustoty celkové, výšky a šířky oček v úpletu (vypočteno dle vzorců 24, 25, 26, 27, 28).....	61

Tab. 23: Souhrnná tabulka všech vypočtených výsledků v této kapitole, pro vzorky úpletu	63
Tab. 24: Vazba úpletů	64
Tab. 25: Označení vzorků tkanin	121
Tab. 26: Označení vzorků úpletů	122

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Optický oscilátor, převzato z [1]	20
Obr. 2: Ustálený stav optického oscilátoru, převzato z [1]	20
Obr. 3: A) Absorpce B) Spontánní emise C) Stimulovaná emise	21
Obr. 4: Boltzmannova distribuce, převzato a upraveno z [3]	22
Obr. 5: Dvouhladinové čerpání	23
Obr. 6: Trojhladinové čerpání	24
Obr. 7: Čtyřhladinové čerpání	24
Obr. 8: Konstrukční řešení laseru, převzato z [1]	25
Obr. 9: Michelsonův interferometr [5]	28
Obr. 10: Elektromagnetické spektrum [8]	29
Obr. 11: Grafické znázornění závislosti napětí na prodloužení švu zatěžovaného ve směru podélném (1 a 2 bezešvá pletenina, 1* a 2* tatáž pletenina s podélně namáhaným švem) [9] ...	31
Obr. 12: Schematické zobrazení příčné pevnosti švu F_s ve vztahu k hustotě stehů n_s [9]	32
Obr. 13: Vliv vlhkosti vlny na měrnou tepelnou kapacitu, převzato z [17]	42
Obr. 14: Tepelná vodivost t – přestup tepla materiálem	43
Obr. 15: Vzorek č. 1, jednovrstvá tkanina	46
Obr. 16: Vzorek č. 2, jednovrstvá tkanina	46
Obr. 17: Vzorek č. 3, jednovrstvá tkanina	46
Obr. 18: Vzorek č. 4, jednovrstvá tkanina	46
Obr. 19: Vzorek č. 5, jednovrstvá tkanina	47
Obr. 20: Dezén tkaniny č. 1, č. 2, č. 3, č. 4. Technická vzornice	54
Obr. 21: Dezén tkaniny č. 5. Technická vzornice	54

Obr. 22: Vzorek č. 1, jednovrstvý úplet	57
Obr. 23: Vzorek č. 2, jednovrstvý úplet	57
Obr. 24: Vzorek č. 3, jednovrstvý úplet	57
Obr. 25: Vzorek č. 4, jednovrstvý úplet	57
Obr. 26: Vzorek č. 5, jednovrstvý úplet	58
Obr. 27: Vzorek č. 6, jednovrstvý úplet	58
Obr. 28: Střída vazby vzorku č. 1. Vytvořeno metodou VÚP	62
Obr. 29: Střída vazby vzorku č. 2. Znázornění kladením pod jehlami	62
Obr. 30: Střída vazby vzorku č. 3. Vytvořeno metodou VÚP	63
Obr. 31: Střída vazby vzorku č. 4. Vytvořeno metodou VÚP	63
Obr. 32: Vzorek č. 1, jednovrstvá tkanina	67
Obr. 33: Vzorek č. 1, jednovrstvá tkanina, při rychlosti značení 200 bits/ms	67
Obr. 34: Vzorek č. 1, jednovrstvá tkanina, při rychlosti značení 100 bits/ms	67
Obr. 35: Vzorek č. 2, jednovrstvá tkanina	67
Obr. 36: Vzorek č. 2, jednovrstvá tkanina, při rychlosti značení 200 bits/ms	68
Obr. 37: Vzorek č. 2, jednovrstvá tkanina, při rychlosti značení 100 bits/ms	68
Obr. 38: Vzorek č. 3, jednovrstvá tkanina	68
Obr. 39: Vzorek č. 3, jednovrstvá tkanina, při rychlosti značení 200 bits/ms	68
Obr. 40: Vzorek č. 3, jednovrstvá tkanina, při rychlosti značení 30 bits/ms	69
Obr. 41: Vzorek č. 4, jednovrstvá tkanina	69
Obr. 42: Vzorek č. 4, jednovrstvá tkanina, při rychlosti značení 200 bits/ms	69
Obr. 43: Vzorek č. 4, jednovrstvá tkanina, při rychlosti značení 100 bits/ms	69
Obr. 44: Vzorek č. 5, jednovrstvá tkanina	70
Obr. 45: Vzorek č. 5, jednovrstvá tkanina, při rychlosti značení 200 bits/ms	70

Obr. 46: Vzorek č. 5, jednovrstvá tkanina, při rychlosti značení 10 bits/ms	70
Obr. 47: Vzorek č. 1, jednovrstvý úplet	71
Obr. 48: Vzorek č. 1, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 200 bits/ms	71
Obr. 49: Vzorek č. 1, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 30 bits/ms	71
Obr. 50: Vzorek č. 2, jednovrstvý úplet	71
Obr. 51: Vzorek č. 2, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 200 bits/ms	72
Obr. 52: Vzorek č. 2, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 30 bits/ms	72
Obr. 53: Vzorek č. 3, jednovrstvý úplet	72
Obr. 54: Vzorek č. 3, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 200 bits/ms	72
Obr. 55: Vzorek č. 3, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 50 bits/ms	73
Obr. 56: Vzorek č. 4, jednovrstvý úplet	73
Obr. 57: Vzorek č. 5, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 200 bits/ms	73
Obr. 58: Vzorek č. 5, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 140 bits/ms	73
Obr. 59: Vzorek č. 5, jednovrstvý úplet	74
Obr. 60: Vzorek č. 5, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 200 bits/ms	74
Obr. 61: Vzorek č. 5, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 100 bits/ms	74
Obr. 62: Vzorek č. 6, jednovrstvý úplet	74
Obr. 63: Vzorek č. 6, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 200 bits/ms	75
Obr. 64: Vzorek č. 6, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 80 bits/ms	75
Obr. 65: CO ₂ 150 Flexi Marcatex laser systém	77
Obr. 66: Tkanina č. 3	79
Obr. 67: Grafické znázornění porozity u jednovrstvé tkaniny č. 1.....	81
Obr. 68: Grafické znázornění porozity u jednovrstvé tkaniny č. 2	82
Obr. 69: Grafické znázornění porozity u jednovrstvé tkaniny č. 3	82

Obr. 70: Grafické znázornění porozity u jednovrstvé tkaniny č. 4	83
Obr. 71: Grafické znázornění porozity u jednovrstvé tkaniny č. 5	83
Obr. 72: Grafické znázornění porozity dvouvrstvé tkaniny č. 6	84
Obr. 73: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvé tkaniny č. 7	84
Obr. 74: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvé tkaniny č. 8	85
Obr. 75: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvé tkaniny č. 9	85
Obr. 76: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvé tkaniny č. 10	86
Obr. 77: Grafické znázornění porozity u jednovrstvého úpletu č. 1	87
Obr. 78: Grafické znázornění porozity u jednovrstvého úpletu č. 2	87
Obr. 79: Grafické znázornění porozity u jednovrstvého úpletu č. 3	88
Obr. 80: Grafické znázornění porozity u jednovrstvého úpletu č. 4	88
Obr. 81: Grafické znázornění porozity u jednovrstvého úpletu č. 5	89
Obr. 82: Grafické znázornění porozity u jednovrstvého úpletu č. 6	89
Obr. 83: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvého úpletu č. 7	90
Obr. 84: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvého úpletu č. 8	90
Obr. 85: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvého úpletu č. 9	91
Obr. 86: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvého úpletu č. 10	91
Obr. 87: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvého úpletu č. 11	92
Obr. 88: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvého úpletu č. 12	92
Obr. 89: Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu u jednovrstvého vzorku č. 1	98
Obr. 90: Vzorek č. 1 jednovrstvý	99
Obr. 91: Vzorek č. 2 jednovrstvý	100
Obr. 92: Vzorek č. 3 jednovrstvý	100
Obr. 93: Vzorek č. 4 jednovrstvý	101

Obr. 94: Vzorek č. 5 jednovrstvý	101
Obr. 95: Vzorek č. 1 jednovrstvý	102
Obr. 96: Vzorek č. 2 jednovrstvý	103
Obr. 97: Vzorek č. 3 jednovrstvý	104
Obr. 98: Vzorek č. 4 jednovrstvý	105
Obr. 99: Vzorek č. 1 jednovrstvý	105
Obr. 100: Vzorek č. 2 jednovrstvý	106
Obr. 101: Vzorek č. 3 jednovrstvý	106
Obr. 102: Vzorek č. 4 jednovrstvý	107
Obr. 103: Vzorek č. 5 jednovrstvý	107
Obr. 104: Vzorek č. 1 jednovrstvý	108
Obr. 105: Vzorek č. 2 jednovrstvý	108
Obr. 106: Vzorek č. 3 jednovrstvý	109
Obr. 107: Vzorek č. 2, rychlost značení 200 bits/ms	112
Obr. 108: Vzorek č. 2, rychlost značení 190 bits/ms	113
Obr. 109: Vzorek č. 2, rychlost značení 180 bits/ms	113
Obr. 110: Vzorek č. 2, rychlost značení 170 bits/ms	114
Obr. 111: Vzorek č. 2, rychlost značení 160 bits/ms	114
Obr. 112: Vzorek č. 2, rychlost značení 150 bits/ms	115
Obr. 113: Vzorek č. 3, rychlost značení 150 bits/ms	116
Obr. 114: Vzorek č.3, rychlost značení 130 bits/ms	117
Obr. 115: Vzorek č. 3, rychlost značení 110 bits/ms	117
Obr. 116: Vzorek č. 3, rychlost značení 90 bits/ms	118
Obr. 117: Vzorek č. 3, rychlost značení 80 bits/ms	118

Obr. 118: Vzorek č. 3, rychlost značení 70 bits/ms	119
Obr. 119: Vzorek č. 3, rychlost značení 60 bits/ms	119
Obr. 120: Vzorek č. 3, rychlost značení 50 bits/ms	120
Obr. 121: Vzorek č. 3, rychlost značení 40 bits/ms	120
Obr. 122: Vzorek č. 8, dvouvrstvá textilie	122
Obr. 123: Vzorek č. 8, dvouvrstvá textilie, při rychlosti značení 100 bits/ms	123
Obr. 124: Vzorek č. 8, dvouvrstvá textilie, při rychlosti značení 5 bits/ms	123
Obr. 125: Vzorek č. 9, dvouvrstvá textilie	124
Obr. 126: Vzorek č. 9, dvouvrstvá textilie, při rychlosti značení 100 bits/ms	124
Obr. 127: Vzorek č. 9, dvouvrstvá textilie, při rychlosti značení 10 bits/ms	125
Obr. 128: Vzorek č. 7, dvouvrstvý úplet	126
Obr. 129: Vzorek č. 7, dvouvrstvý úplet, při rychlosti značení 100 bits/ms	126
Obr. 130: Vzorek č. 7, dvouvrstvý úplet, při rychlosti značení 10 bits/ms	127
Obr. 131: Vzorek č. 8, dvouvrstvý úplet	127
Obr. 132: Vzorek č. 8, dvouvrstvý úplet, při rychlosti značení 100 bits/ms	128
Obr. 133: Vzorek č. 8, dvouvrstvý úplet, při rychlosti značení 10 bits/ms	128

1 Úvod

Tato práce se věnuje teoretickému rozboru principu laseru a jeho aplikaci v textilním průmyslu. Princip laseru je postaven na základě optického zesilovače. Paprsek, který je laserem generován má své specifické vlastnosti. Mezi tyto vlastnosti patří koherentnost, monochromaticnost a malá rozbíhavost paprsku. Díky těmto vlastnostem může laserový paprsek přenášet velké množství energie, kterou lze působit na textilní materiál. Laserové technologie patří mezi nekonvenční metody oddělování a spojování textilních materiálů. V této práci jsou specifikovány různé metody oddělování a spojování textilních materiálů. Laser má tedy své specifické místo mezi textilními technologiemi a v následující práci bude zkoumán jeho vliv na dělení a pojení syntetických vláken.

Dělení a pojení textilií je proces velice důležitý ve výrobě textilií, bez tohoto odvětví by nemohly vzniknout mnohé textilní výrobky určené k dennímu používání, např. svrchní oděvy a mnohé další. Existuje celá řada způsobů, jak textilní materiály dělit a pojít. Mezi nejčastější způsoby dělení můžeme zmínit řezání, tepelné metody oddělování, optické, plazmové, elektronové, elektrické metody oddělování. Nejpoužívanějším způsobem pojení je bez pochyb šití, další druhy spojování jsou svařování, lepení, elektrické, elektronové, optické, plazmové metody spojování.

Další možný způsob oddělování a spojování textilních materiálů může být pomocí laseru, této problematice se budu věnovat v méj diplomové práci. Zmiňované dělení a pojení je založeno na interakci laserového záření s danou upravovanou textilií. Specifické vlastnosti laserového svazku umožňují bezkontaktní dělení a pojení textilií. Tím pádem nedochází k následnému poškození dalších částí textilie. Laser má velkou výhodu hladkého a kvalitního řezu s možností vyřezávat velmi jemné vzory. Mezi další přednosti patří vysoká flexibilita nastavení rychlosti značení k danému textilnímu materiálu. Laserové dělení a pojení využívají mnohé průmyslové odvětví, např. automobilové, strojírenské, letecké, lodní a mnohé další. V těchto průmyslových odvětvích se zaměřují na dělení železných i nekovových materiálů, jako je dřevo, guma a plasty [21]. Proto toto dělení a pojení našlo své uplatnění i v textilním průmyslu, např. při dělení nylonové krajky došlo k optimalizaci výrobního procesu [20].

Diplomová práce se zabývá výzkumem dělení a pojení syntetických textilií, zejména tak polyesteru a polyamidu. Materiály lišící se svou strukturou, dezenem, plošnou hmotností, tloušťkou textilie byly vystaveny působení laserového paprsku ze zařízení CO_2 laser 150 Flexi Marcatex laser systém, který se nachází na katedře KTC. Na tyto zkoumané textilní materiály ve formě tkanin a úpletů se nechal působit laserový paprsek o různých rychlostech značení [bits/ms] za účelem vyzkoušení možnosti dělení a spojování.

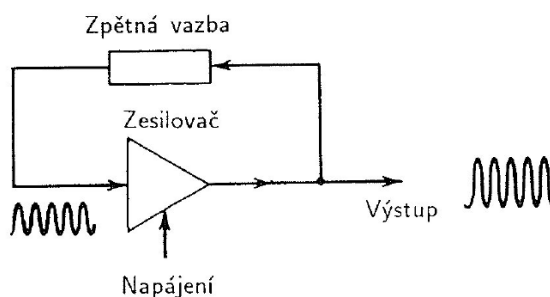
2 Teoretická část

2.1 Laser

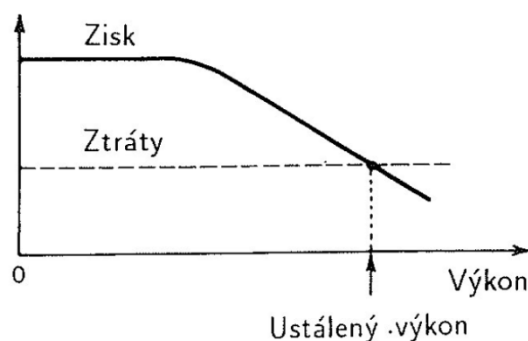
Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) je zdroj světla, resp. elektromagnetického záření, které má své specifické vlastnosti [1]. Jedná se především o koherentnost a monochromaticnost paprsku, který běžné přírodní zdroje nedokážou generovat. Díky vysoké koherenci a monochromaticnosti lze laserovým paprskem soustředit na malé ploše velké množství energie. Této skutečnosti využijeme k testování vlastností vláken.

2.1.1 Princip Laseru

Laser je postaven na principu optického oscilátoru (viz obr. 1) [1]. Optický oscilátor se skládá z optického zesilovače a zpětné vazby, kterou se vrací výstupní signál znovu na vstup. Aby nastaly oscilace musí být splněna amplitudová a fázová podmínka. Zisk zesilovače musí být větší než ztráty systému ve zpětné vazbě a celková změna fáze při jednom oběhu musí být celočíselným násobkem 2π . Jsou-li tyto podmínky splněny, systém se stává nestabilním a je schopen oscilovat. K vybuzení oscilací stačí nepatrný optický šum, který je následně zesílen a přiveden zpětnou vazbou na vstup. Následně se celý cyklus opakuje. S rostoucím výkonem oscilací se však začne uplatňovat saturace zesilovače a zisk klesne pod svoji počáteční hodnotu. V bodě kde zisk kompenzuje ztráty zesilovače se oscilace ustálí (viz obr. 2).



Obr. 2: Optický oscilátor, převzato z [1]



Obr. 2: Ustálený stav optického oscilátoru, převzato z [1]

2.1.2 Fyzikální podstata laseru

Fyzikální podstata laseru je postavena na interakci fotonů s atomy nebo molekulami látky [2]. Energie atomu je kvantována, tzn., že atom nabývá pouze určitých energetických hladin. Dovolené přeskoky atomů nebo molekul mezi jednotlivými energetickými hladinami mohou být způsobeny spontánní emisí, absorpcí nebo stimulovanou emisí (viz obr. 3). Spontánní emise je přechod z vyšší energetické hladiny na hladinu nižší, při kterém atom, resp. molekula, vyžáří foton o frekvenci f splňující podmínku (1). Jednotlivé atomy při ní vyzařují nekoordinovaně, a proto emitované fotony mají různou fázi a vznikající elektromagnetické záření je nekoherentní. Záření emitované tímto způsobem se podstatně liší od záření emitovaného laserem. Absorpce je opačný proces, při kterém atom na nižší energetické hladině pohltí foton odpovídající frekvenci f a excituje na vyšší energetickou hladinu, přičemž platí (viz vzorec 1). Stimulovaná emise je proces, kdy foton o frekvenci f dopadá na atom na vyšší energetické hladině a přiměje jej k přechodu na nižší energetickou hladinu za vyzaření dalšího fotonu. Původní foton se přitom nepohlí a oba fotony se pohybují společně stejným směrem, jako foton, který emisi vyvolal. Oba fotony jsou synchronizovány, mají stejnou frekvenci a stejnou fázi. Jedná se tedy o koherentní monochromatické záření o vysoké intenzitě a stejné polarizaci. Princip stimulované emise je základem činnosti laseru.

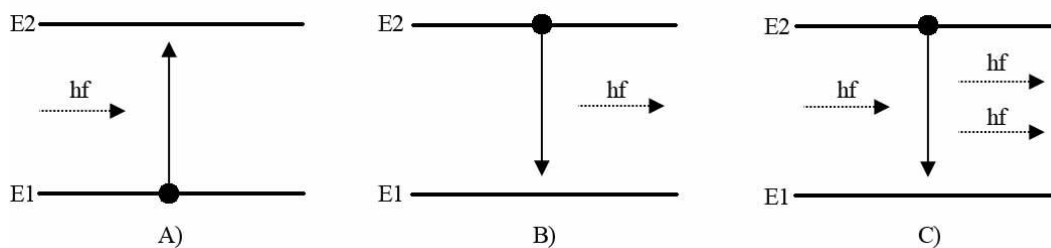
$$h \cdot f = E_2 - E_1 \quad (1)$$

h – Planckova konstanta

f – frekvence vyzařovaného fotonu

E_2 – energie vyšší energetické hladiny

E_1 – energie nižší energetické hladiny



Obr. 3: A) Absorpce B) Spontánní emise C) Stimulovaná emise

Podle Boltzmannovy distribuce (viz vzorec 2) (viz obr. 4) je soubor atomů v termodynamické rovnováze statisticky rozložen do všech energetických hladin, přičemž populace atomů exponenciálně klesá se zvyšující se energetickou hladinou. Počet excitovaných atomů s vyšší energií na vyšších energetických hladinách je tedy nižší, než počet atomů s nižší energií na nižších energetických hladinách. Tato skutečnost brání vzniku stimulované emise, jelikož je zde větší pravděpodobnost, že energie fotonu bude využita právě k excitaci atomu do vyšších energetických hladin.

$$\frac{N_i}{N_j} = e^{\frac{-(E_i - E_j)}{kT}} \quad (2)$$

N_i – populace na energetické hladině i

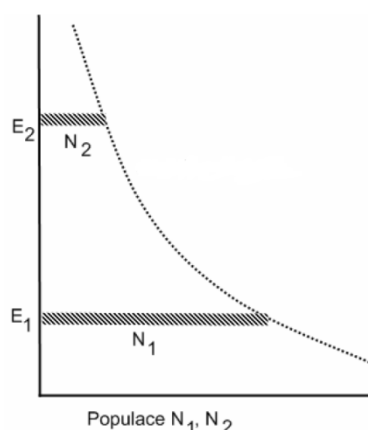
N_j – populace na energetické hladině j

E_i – energie atomu na i té hladině

E_j – energie atomu na j té hladině

T – termodynamická teplota

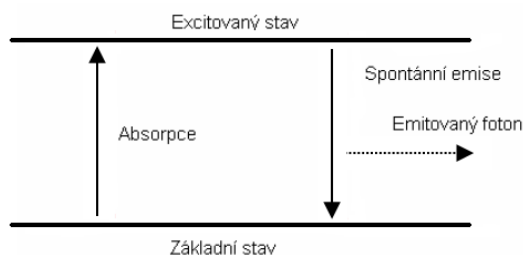
k – Boltzmannova konstanta



Obr. 4: Boltzmannova distribuce, převzato a upraveno z [3]

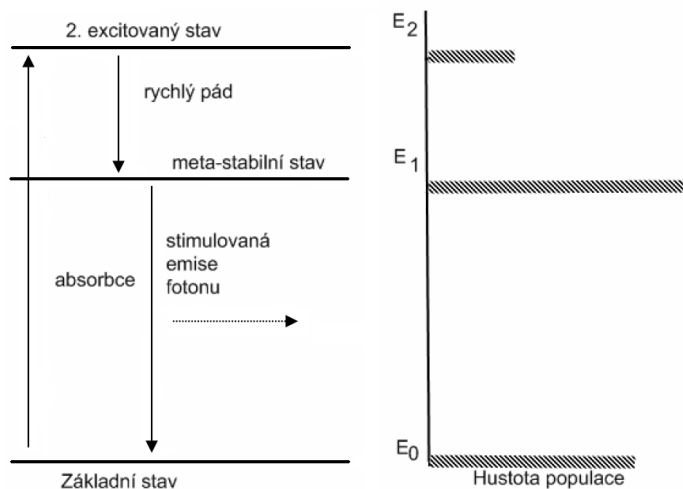
Aby mohlo docházet ke stimulované emisi, na které je postaven základní princip laseru, je potřeba vytvořit v látce aktivní prostředí a narušit tak termodynamickou rovnováhu. Aktivní prostředí se vytvoří v látce tzv. populační inverzí. Populační inverze je stav, kdy se nachází větší počet atomů na vyšší energetické hladině, než je počet atomů na energetické hladině nižší. Tohoto stavu docílíme tím, že budeme do látky čerpat energii, kterou excitujeme atomy na vyšší energetické hladiny. Dosáhneme-li takového populační inverze, potom proces stimulované emise převáží nad stimulovanou absorpcí a my docílíme celkového zesílení dopadajícího světla. Přírodním dějem je tzv. deexcitace, při které se postupně excitované atomy vrací po určité době zpět na základní energetickou hladinu bez vyzáření fotonu. Velmi významným prvkem pro činnost laseru je právě toto aktivní prostředí nastolené inverzní populací. Pro tvorbu aktivního prostředí jsou vybírány materiály, které obsahují tzv. metastabilní stav s dlouhým poločasem rozpadu. U moderních laserů lze čerpat nepřetržitě a není nutné, aby měl potřebný metastabilní stav příliš dlouhý poločas rozpadu. Čerpat lze opticky, např. výbojkou nebo laserem, elektricky, chemicky nebo dokonce jaderným výbuchem u laserů pracujících v RTG oblasti. Různé typy laserů se převážně liší ve způsobu tvorby aktivního prostředí a konstrukčním uspořádání.

Jak již bylo řečeno, atomy v excitované hladině nevydrží dlouho. Při dvouhladinovém čerpání (viz obr. 5) je potřeba neustále čerpat energii a udržovat excitovanou populaci konstantní, což je velmi složité. Proto se většinou používá vícehladinové čerpání s metastabilními stavy.



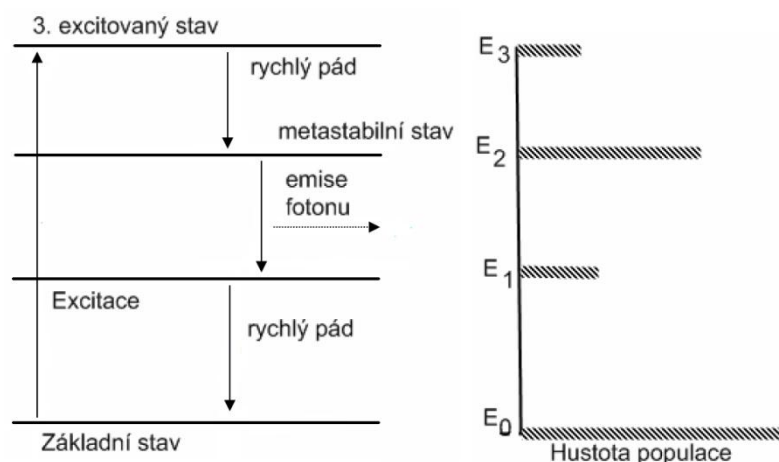
Obr. 5: Dvuhladinové čerpání

Při trojhladinovém čerpání (viz obr. 6) se atomy excitují na druhou energetickou hladinu. Excitační energie je dodána pevné látce zářením o potřebné frekvenci. Fotony dopadají na atomy v základním stavu E_0 a donutí je excitovat. V druhém excitovaném stavu E_2 není atom schopen zůstat, proto rychle padá na první energetickou hladinu. První excitovaný stav E_1 je tzv. metastabilní, ve kterém atom vydrží déle. V tomto stavu přibývá atomů, které čekají na stimulující fotony a dochází tak k populační inverzi. Výstup laseru, který je postaven na trojhladinovém čerpání, není kontinuální, ale stává se pouze z jednotlivých pulsů laserového světla. Pro dosažení kontinuálního laserového paprsku je nutné použít čtyřhladinové čerpání. U trojhladinového čerpání dochází ke stimulované emisi a vyzáření laserového fotonu mezi první energetickou hladinou a základním stavem, což vede k nízké efektivitě.



Obr. 6: Trojhladinové čerpání

Při čtyřhladinovém čerpání (viz obr. 7) foton excituje atom do třetí energetické hladiny E_3 , ale z této hladiny opět rychle klesá do metastabilního stavu E_2 . Následně dochází ke stimulované emisi. Atom je nucen vyzářit foton a přejde na první energetickou hladinu E_1 . Na první energetické hladině není opět schopen vydržet po delší čas a přechází do základního stavu E_0 . Lasery postavené na čtyřhladinovém čerpání jsou schopny vytvářet kontinuální záření, ale ani samotná excitace atomů do vyšších hladin není tolik energeticky náročná. Čtyřhladinové čerpání je více efektivnější, než čerpání trojhladinové.



Obr. 7: Čtyřhladinové čerpání

2.1.3 Konstrukční řešení laserů

Základem laseru je aktivní prostředí (viz obr. 8) [1]. V aktivním prostředí je nastolena inverzní populace, kde dochází ke stimulované emisi, tzn. k zesílení světla. Na obou koncích laseru jsou umístěna dvě zrcadla, přičemž jedno z nich je polopropustné. Zrcadla představují zpětnou vazbu a aktivní prostředí zesilovač optického oscilátoru (viz obr. 1). Nepatrný optický šum vyvolá spontánní emisi fotonu. Následuje zesílení světla v aktivním prostředí. Světlo se odráží od obou zrcadel a je neustále zesilováno dokud se oscilace neustálý. Polopropustné zrcadlo zajistí, že se laserový paprsek dostane ze soustavy ven. Zrcadla v oscilátoru nemusí být jen rovinná. V řadě případů se používají konkávní, ale i konvexní zrcadla. Stabilita záření v oscilátoru závisí na poloměrech křivosti zrcadel a délce oscilátoru d tak, aby byla dodržena fázová podmínka. Výstupní paprsek ze soustavy je silně monochromatický, koherentní o stejné polarizaci a vysoké intenzitě. Intenzitu paprsku lze regulovat polarizačním filtrem na výstupu, přičemž platí tzv. Malusův zákon (viz vzorec 3) [4]. Monochromatickou vlnu lze vyjádřit vlnovou funkcí s časově harmonickou závislostí ve tvaru (viz vzorec 4). Tato vlnová funkce je harmonickou funkcí času o frekvenci f , přičemž amplituda a fáze je obecně závislá na poloze r . Aby byl svazek koherentní musí mít jednotlivé vlny mezi sebou konstantní fázový rozdíl.

$$I = I_0 \cdot \cos^2 \theta \quad (3)$$

I_0 – intenzita paprsku před polarizátorem

I – intenzita paprsku za polarizátorem

θ – úhel natočení polarizačního filtru

$$u(r, t) = a(r) \cos[2\pi f t + \varphi(r)] \quad (4)$$

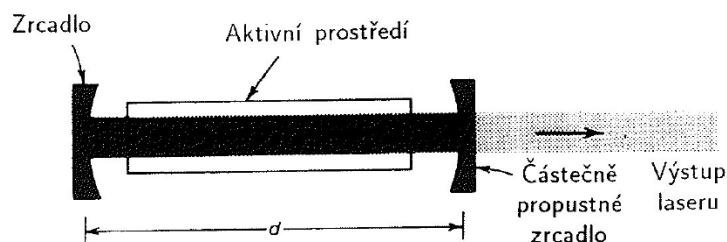
$a(r)$ – amplituda

$\varphi(r)$ – fáze

f – frekvence

r – polohový vektor

t – čas



Obr. 8: Konstrukční řešení laseru, převzato z [1]

Lasery lze rozdělit podle různých kritérií. Základní přehled používaných typů laserů je uveden v tabulce 1. Podle povahy aktivního prostředí rozlišujeme:

- pevnolátkové lasery,
- kapalinové lasery,
- plynové lasery,
- lasery využívající svazky nabitých částic.

Podle způsobu čerpání energie lze lasery rozdělit na lasery čerpané:

- opticky - výbojkou, jiným laserem, slunečním světlem a radioaktivním zářením,
- elektricky - srážkami v elektrickém výboji, svazkem nabitých částic, injektáží elektronů, interakcí elektromagnetického pole se shluky nabitých částic,
- chemicky - energií chemické vazby, fotochemickou disociací, výměnou energie mezi molekulami a atomy,
- termodynamicky - zahřátím a ochlazením plynu,
- jadernou energií - jaderným reaktorem, jaderným výbuchem.

Z hlediska režimu práce mohou lasery pracovat kontinuálně nebo impulzně. Lasery můžeme dělit také podle vyzařované vlnové délky na:

- infračervené lasery,
- lasery v oblasti viditelného světla,

- ultrafialové lasery,
- rentgenové lasery.

Tab. 1: Používané typy laserů, převzato z [5]

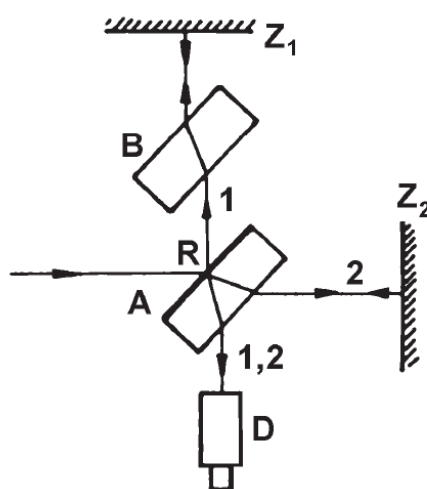
Typ laseru	Aktivní prostředí	Vlnová délka	Spektrální oblast	Příklady použití
Pevnolátkové				
Rubínový laser	Rubín	694,3 nm	červená	holografie, odstraňování tetování
Nd:YAG laser	Neodym, YAG	1064 nm	IR	litografie, chirurgie, strojírenství, spektroskopie
Ho:YAG laser	Ho:YAG	2,1 μm	IR	chirurgie, stomatologie
Er:YAG laser	Erbium, YAG	2,94 μm	IR	chirurgie, stomatologie
Titan-saťirový laser	titan, safír	690 - 1000 nm	červená, IR	Spektroskopie
Alexandritový laser	Alexandrit	700 - 800 nm	červená, IR	žihání, řezání
Barvivoé				
Rhodamin 6G laser	Rhodamin 6G	570-650 nm	žlutá, oranžová, červená	Dermatologie
Kumarin C30 laser	Kumarin C30	504 nm	zelená	oftalmologie, chirurgie
Plynové – Atomární				
He-Ne laser	helium, neon	543 nm, 633 nm	zelená, červená	zaměřování polohy, spektroskopie
Měďný laser	měď	510 nm, 578 nm	zelená	podmořská komunikace a lokace
Jodový laser	jód	342 nm, 612 nm, 1315 nm	viditelné, IR	věda, termojaderná fúze
Plynové – Iontové				
Argonový laser	argon	488 nm, 514 nm	modrá, zelená	oftalmologie, spektroskopie
Hélium-kadmiový laser	helium, kadmium	325 nm, 442 nm	UV, modrá	Spektroskopie
Plynové – Molekulární				
CO ₂ laser	Oxid uhličitý	10,6 μm	IR	sváření, řezání, stomatologie, gravírování
Excimerové lasery	ArF, KrCl, KrF, XeCl, XeF	193 - 351 nm	UV	oftalmologie, laserová ablace, fotolitografie
Polovodičové				
GaAs laser	GaAs	650 nm, 840 nm	červená, IR	laserová ukazovátka, laserová tiskárna
GaAlAs laser	GaAlAs	670-830 nm	červená	telekomunikace, přehrávače CD, displeje
AlGaInP laser	AlGaInP	650 nm	červená	přehrávače DVD
GaN laser	GaN	405 nm	modrá	Blu-ray disky
InGaAlP laser	InGaAlP	630-685 nm	červená	Lékařství

2.1.4 Laserové paprsky

Laserový paprsek je elektromagnetické záření, resp. světlo, které má své specifické vlastnosti. Do těchto vlastností patří především jeho koherentnost, monochromaticnost a malá rozbíhavost paprsku.

Jelikož je laserový paprsek tvořen elektromagnetickým zářením, lze ho proto snadno ovládat, měnit jeho směr a modulovat. Jeho působení na okolní předměty probíhá bez mechanického kontaktu. Laserový paprsek se šíří přímočaře rychlostí světla s minimální rozbíhavostí. Tato vlastnost se využívá k velmi přesnému měření. S jeho pomocí lze vyměřovat stavbu výškové budovy nebo silničního tunelu. Laserový paprsek také může přenášet informace na obrovské vzdálenosti, jelikož vlivem malého rozptylu nedochází ke ztrátě dat. Mezi aplikace, které využívají malou rozbíhavost laseru patří tedy např. laserový dálkoměr, laserová velkoplošná televizní projekce nebo také laserové zabezpečovací systémy [19].

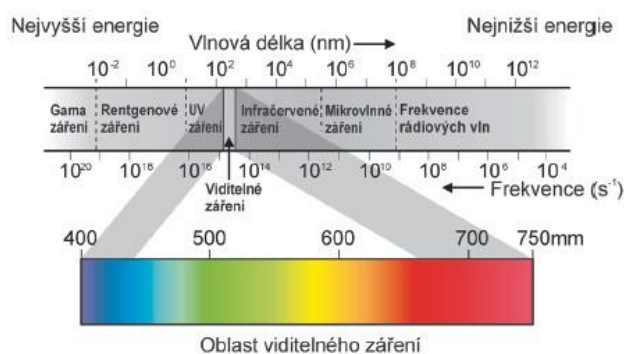
Další velmi důležitou vlastností laserového paprsku je jeho koherence. Díky koherenci paprsku může docházet k interferenci, tzn. k skládání vlnění. Této vlastnosti se využívá např. při tvorbě hologramů nebo měření pomocí interferometru. Jiný důsledek této vlastnosti je ten, že lze laserový paprsek pomocí vhodné optiky soustředit do nepatrného bodu o průměru řádově setin milimetru a získat tak precizní nástroj vhodný k aplikaci v mikroelektronice nebo oční chirurgii. Interferometry jsou přístroje využívající jevu interference světla k měření vlnových délek světla nebo některých dalších veličin jako je rychlost světla nebo relativní změny rychlosti světla. Tímto způsobem lze také určit index lomu plynu nebo kapalin. Mezi nejznámější interferometry patří interferometr Michelsonův (viz obr. 9).



Obr. 9: Michelsonův interferometr [5]

Laserový paprsek může přenášet značné množství energie [6]. Při interakci s prostředím se energie elektromagnetického záření mění na teplo a laserový paprsek řeže, vrtá, žihá, sváří, kalí nebo jinak obrábí široké spektrum materiálů včetně těch nejtvrdějších a nejodolnějších. Laser může generovat velmi krátké a přitom velmi energetické světelné impulsy. Interakce s látkou pak probíhá za zcela jiných podmínek, než při kontinuálním ohřevu. Materiály mohou být například opracovány bez toho, že by se zvyšovala jejich teplota. Extrémně krátké optické impulsy je možno použít pro studium velmi rychlých dějů a k přesnému měření času a vzdálenosti.

Laserové záření je monochromatické. Tato vlastnost dovoluje přenášet data rychlostí stovek MB za sekundu a stovky kilometrů daleko. Laserové záření může pracovat na vlnových délkách odpovídajících rentgenovému záření, přes viditelné světlo, až po mikrovlnou oblast (viz obr. 10). Díky tomu lze u každé aplikace zvolit vhodnou vlnovou délku a tím pádem může laserové zařízení selektivně působit na různé materiály.



Obr. 10: Elektromagnetické spektrum [8]

2.2 Spojování a oddělování materiálů

Mezi základní metody spojování textilií patří šití, lepení a svařování [7]. Použití jednotlivých způsobů je závislé na druhu tkaniny, povrstvovací hmoty, a také na způsobu a účelu použití konečného výrobku. Pro účely textilní architektury se používá výhradně spojování svařováním. Dále se pro spojování a oddělování materiálů používají způsoby nekonvenční, mezi které patří metody mechanické, tepelné, elektrické, plazmové elektronové a optické.

2.2.1 Šití

Šitím lze spojovat všechny materiály povrstvených textilií. Potřebné pevnosti šitých spojů lze dosáhnout použitím vhodných šicích nití, nejčastěji vysoce pevného polyesterového hedvábí, jehly a různým provedením švů. Nevýhodou šitých spojů je perforace povrstvené textilie, proto se spoje utěšňují přilepením nebo přivařením pásku z vhodného materiálu, nebo zalitím vhodným druhem lepidla. Překrytím šitých spojů dojde nejen k utěsnění, ale zároveň i k ochraně šicí nitě před degradací vlivem povětrnostních podmínek [7].

2.2.2 Pevnost švů

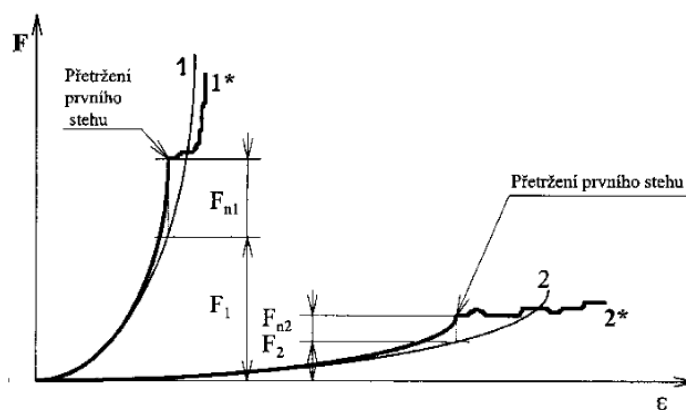
Mezi základní mechanické vlastnosti, které jsou u šitých spojů a textilií zkoušeny, patří jejich pevnost. Šev jako šitý spoj v hotovém výrobku může být namáhán různými způsoby:

- ve směru podélném,
- ve směru příčném,
- ve směru obecném.

Podélná pevnost švu je závislá na tažnosti řádku stehů, kterým byl šev vytvořen. Je-li řádek stehů méně tažný, než šitý materiál, nitě prasknou při podélném namáhání dříve, než plošná textilie. To je důležitý údaj při šití tažných materiálů, ke kterým se řadí pleteniny a strečové tkaniny [8].

Tažnost řádku stehů závisí na:

- tažnosti šicí nitě a druhu stehu,
- délce stehu,
- počtu (hustotě) stehů,
- tloušťce a stlačitelnosti vrstev šitého materiálu,
- podmínkách tvorby stehu.



Obr. 11: Grafické znázornění závislosti napětí na prodloužení švu zatěžovaného ve směru podélném (1 a 2 bezešvá pletenina, 1* a 2* tatáž pletenina s podélně namáhaným švem) [9]

Příčná pevnost švu je podstatný parametr méně roztažných materiálů, který charakterizuje odolnost spoje vůči okolnímu namáhání. Příčné namáhání švu způsobuje poškození nití v celé šířce vzorku (viz obr. 11,12) [9].

Příčná pevnost švu závisí na:

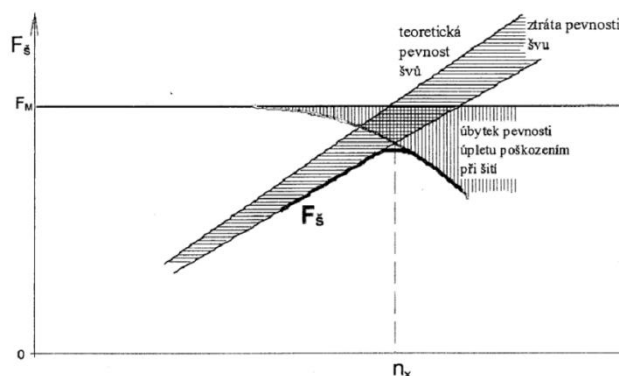
- druhu použité šicí nitě,
- pevnosti šicí nitě,
- druhu stehu a švu,
- pevnosti šitého materiálu, resp. jeho sklonu k poškození při šití,
- hustotě stehů.

Při zkoumání příčné pevnosti švu se vyhodnocuje účinnost η_s (viz vzorec 5).

$$\eta_s = \frac{F_s}{F} \cdot 10^2 [\%] \quad (5)$$

F_s – pevnost sešitého vzorku

F – pevnost nesešitého vzorku



Obr. 12: Schematické zobrazení příčné pevnosti švu F_s ve vztahu k hustotě stehů n_s [9]

Za teoretickou hodnotu pevnosti švu $F_s(t)$, lze považovat maximálně dosažitelnou pevnost švu, která je vyjádřena (viz vzorec 6) jako jednorozměrná funkce pevnosti nitě ve smyčce F_{NS} a počtu vázaných bodů dané délky švu [8].

$$F_s(t) = F_{NS} \cdot n \cdot \varphi \cdot b \quad (6)$$

n – hustota stehů [mm^{-1}]

b – šířka vzorku [mm]

φ – koeficient počtu nosných stehových řádků

Ke stanovení základní pevnosti a tažnosti šitých spojů se používají dvě metody definované v normě ČSN EN ISO 13 935. Jedná se o metody:

- Strip ČSN EN ISO 13 935-1 (80 0812)
- Grab ČSN EN ISO 13 935-2 (80 0812)

Metoda Strip je vhodná zejména pro tkaniny, ale i ostatní plošné textilie vyrobené jinými technikami. Metoda není běžně použitelná pro elastické tkaniny, geotextilie, netkané či nánosové textilie, dále pak tkaniny ze skleněných vláken, plošné textilie z polykarbamidových nebo polyolefinových pásků [10].

Metoda Grab byla připravena pro zjišťování určitých mechanických vlastností materiálu, převážně za použití zkušebních přístrojů ke zjišťování tahových vlastností např. pevnosti švu, pevnosti v natržení, posuvnosti ve švu [11].

Rozdíl je zvláště ve tvaru upínacích čelistí, zatímco pro metodu Strip jsou čelisti shodné šíře, pro metodu Grab je vždy zadní čelist široká 50 mm, přední pouze 25 mm. Tím vznikne upnutí vzorku pouze na 25 x 25 mm [11].

Výsledky získané jednou z těchto metod nelze srovnávat s výsledky dosaženými ostatními metodami.

2.2.3 Lepení

Tento způsob spojování je méně běžný. Je vhodný pro spojování dílců se zvláštními tvary a hodí se také pro opravy. Pro spojování textilií lepením se používají různé druhy lepidel. Nevýhodou této metody je, že na lepený spoj má vliv povětrnost, která způsobí stárnutí lepidla [7].

2.2.4 Svařování

Svařování je jedním z nejvýznamnějších způsobů spojování povrstvených textilií, při kterém se vytvoří spoj o vysoké pevnosti. Textilie opatřené nánosem termoplastických hmot se působením tepla nataví a tlakem se vrstvy spojí. Vzniklý spoj má stejné složení jako spojovaný materiál, tvoří s ním jeden celek a je nerozebíratelný. Pevnost svárů závisí na dobré adhezi nánosu ke tkanině [7, 12].

2.2.5 Mechanické metody oddělování a spojování textilií

Mezi mechanické metody oddělování patří metoda vodního paprsku a ultrazvukové pojení, které je vyvoláno mechanickým kmitáním nástrojové hlavičky [13].

Oddělování a pojení vodním paprskem využívá proudu kapaliny, nejvíce vody, případně s příměsí abrazivního materiálu. Touto technologií je možné řezat, odhrotovat, stříhat, úkosovat, vrtat a obrábět nejrůznější materiály, jako např. kovy, keramiku, plasty, plechy apod. Pro oddělování se využívá velké rychlosti a malého rozptylu proudu kapaliny. Naopak pojení vodním paprskem je vhodné např. pro technologii krajkování. Krajkovací technologie pojení využívají nižší rychlosti s rozptýleným proudem kapaliny, aby nedocházelo k přetrhu vláken. Proudící kapalina vytvoří vhodné víry k zamotání a vytvoření krajkového vzoru.

Ultrazvukové oddělování a pojení textilií je založeno na dynamickém namáhání textilií frekvencemi v ultrazvukové oblasti o frekvenci 20 kHz a vyšší. Energie vlnění je přeměněna na teplo, které vhodným způsobem látku odděluje případně pojí, dle aplikace.

2.2.6 Tepelné metody oddělování a spojování textilií

Tepelné metody lze rozdělit na kontaktní a bezkontaktní. Mezi metody kontaktní patří aplikace využívající přenosu tepla vedením nebo prouděním. Metody oddělování a spojování využívající přenosu tepla vedením, tzv. kondukcí, jsou založeny na přímém dotyku horkého objektu s textilií. Metody oddělování a spojování založené na přenosu tepla prouděním, tzv. konvekcí, využívají tekoucí medium o vysoké teplotě. Jako medium může být použit horký vzduch, přehřátá pára, subkritická nebo superkritická voda. Superkritická voda je také nazývána jako čtvrté skupenství [14]. Je to chemické médium, které se využívá i v mnoha jiných oblastech např. v energetice jako teplotnosné médium. Superkritickou vodou rozumíme takovou vodu, která překračuje parametry 374 °C a 22,1 MPa, které definují kritický bod vody. Po překročení těchto hodnot voda dramaticky mění své vlastnosti, nemůže být stlačena na kapalinu a přechází do tzv. superkritického stavu. Bezkontaktní metody jsou postaveny na přenosu tepla záření, tzv. radiací. Pro oddělování nebo spojování textilií je zde použit zdroj záření, který svítí na materiál a předává mu svou tepelnou energii.

2.2.7 Elektrické metody oddělování a spojování textilií

Mezi elektrické metody oddělování a spojování textilií řadíme metody jouleovské, vysokofrekvenční a mikrovlnné.

Jouleovskými metodami oddělování a spojování textilií rozumíme metody, kde dochází ke vzniku tepla přímo působením proudu probíhajícího ve vodiči podle Jouleova zákona. Zde se mění přímo v teplo, které se sdílí s textilií kondukcí. Dodané teplo Q se vypočte dle vztahu (viz vzorec 7).

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t \quad (7)$$

R – odpor vodiče

I – protékající proud vodičem

t – čas

K oddělování se nejčastěji používá žhaveného drátu. Ten průchodem textilie ji přetavuje případně přepaluje a tak dochází k oddělování textilií.

Vysokofrekvenční metoda oddělování a spojování textilií je založena na rychlém střídání elektromagnetického pole. Rychlé střídání elektromagnetického pole působí na textilii díky její permitivitě. Energie elektromagnetického pole je přeměněna na tepelnou energii Q v textilii (viz vzorec 8). Pro oddělování a spojování vysokofrekvenční metodou se používají frekvence 1 MHz a 27 MHz.

$$Q = \frac{\varepsilon \cdot \omega \cdot t \cdot V \cdot U^2 \cdot \sin\delta}{2 \cdot d^2} \quad (8)$$

ε – permitivat textilie

ω – úhlová rychlost změny elektromagnetického pole

t – čas

V – objem

U – napětí na elektrodách

$\sin\delta$ – ztrátový činitel

d – vzdálenost elektrod

Mikrovlnné oddělování a spojování textilií funguje na podobné principu jako metoda vysokofrekvenční. Jediný rozdíl je, že mikrovlnná metoda pracuje na vyšších frekvencích od 1 do 30 GHz. Práce s mikrovlnnou technikou ovšem klade velké nároky na technické parametry zařízení a na bezpečnost provozu. Velkou výhodou je ovšem fakt, že se dá aplikovat na textilie s vysokou hodnotou ztrátového součinitele $\sin\delta$. Tuto metodu lze opět použít jak pro spojování tak pro oddělování textilií.

2.2.8 Plazmové metody oddělování a spojování textilií

Plazmové metody oddělování a spojování textilií pracují s elektricky silně vodivým plynovým prostředím, které nazýváme plazma. V současné době jsou známa čtyři skupenství – pevné, kapalné, plynné a plazma. Plazma je tedy jedno ze skupenství hmoty. Za plazmu se považuje ionizovaný plyn složený z iontů a elektronů a případně neutrálních atomů a molekul, který vzniká odtržením elektronů z elektronového obalu atomů plynu nebo roztržením molekul ionizací. Plazma je kvazineutrální soubor částic s volnými nosiči náboje, který vykazuje kolektivní chování [15]. Jeden z nejdůležitějších faktů je, že se v plazmatu nachází volné nosiče náboje. Atomy jsou alespoň částečně ionizované. Stupeň ionizace nemusí být příliš veliký, když je plazmový útvar dostatečně rozsáhlý. Jsou to právě volné nosiče náboje, které plazma zcela odlišují od plynů. Plazma je vodivé a silně reaguje na elektrická a magnetická pole. Další vlastností je tzv. kvazineutralita, kde počet kladných a záporných částic zaplňuje v makroskopickém objemu plazmy vždy stejné množství. To znamená, že se navenek plazma jeví jako nenabitá. Plazma je také schopna jako celek svými projevy generovat globální elektrická a magnetická pole a na takováto globální pole reagovat.

Do plazmových metod lze zařadit metodu vyjiskřovací. Podstatou vyjiskřovacích metod oddělování a spojování textilií, které se používají s výhodou ve strojírenské technologii, spočívá ve vytvoření silného elektrického pole mezi elektrodou a opracovaným materiálem v našem případě textilií. Silné elektrické pole vytváří mikrovýboje, resp. plazmu o vysoké teplotě. Částice mikroplazmy bombardují opracovávaný materiál textilie. Ta se lokálně silně a rychle ohřívá. Vytvořené teplo pak působí měknutí, přetavení případně spálení vlákna v omezeném prostoru tenkého řezu nebo spoje. Při oddělování textilií podle stříhu je tvořena druhá elektroda přímo v textilií nanesením vodivého materiálu k označení stříhu. Jako vodivý materiál může být použita vodivá barva, uhlíková disperze atd.

2.2.9 Elektronové metody oddělování a spojování textilií

Princip elektronové metody oddělování a spojování textilií je založen na tvorbě elektronového paprsku, který je vychylován elektromagnetickým polem. Energie elektronového paprsku se po dopadu na textilii mění v teplo s velkou účinností a částečně v elektromagnetické záření. Vlnová délka tohoto elektromagnetického záření se pohybuje od infračerveného až do rentgenového záření, dle použitého urychlovače napětí. Uvolněné teplo působí na vlákna textilního materiálu a tím dochází k jejich oddělování nebo pojení. Zařízení určené pro elektronovou metodu se skládá z elektronového děla zajišťujícího zdroj elektronů a jejich soustředění, napěťových urychlovacích elektrod a rozmitacího zařízení, zajišťujícího současně i fokusaci elektronového svazku. Díky schopnosti rychlého vychylování elektronového svazku, lze tuto metodu použít k realizaci velmi rychlých technologií spojování. Energie elektronového svazku je dána vztahem (viz vzorec 9). Při dopadu elektronového svazku se přemění 98 % energie elektronů v teplo a zbylé 2 % v elektromagnetické záření o vlnové délce určené vztahem (viz vzorec 10).

$$E = A \cdot T^2 \cdot S \cdot U \cdot t \cdot \exp\left(-\frac{W}{k \cdot T}\right) \quad (9)$$

A – univerzální konstanta $1,6 \cdot 10^6 \text{ Am}^{-2} \text{ K}^{-2}$

T – absolutní teplota

S – plocha katody

U – urychlovací napětí

t – čas

W – výstupní práce

k – Boltzmannova konstanta

$$\lambda = \frac{1234}{U} \quad (10)$$

U – urychlovací napětí

2.2.10 Optické metody oddělování a spojování textilií

Mezi optické metody oddělování a spojování textilií řídíme metody radiační a laserové. Klasické tradiční metody využívají zdrojů tepelného záření, které se přenáší bezdotykově na určitou vzdálenost od zdroje na materiál textilie. Laserové pak využívají laserového záření.

Radiační metody využívají záření na vysoké teploty vyhřátých těles. Z hlediska funkce je zapotřebí přenést zářivou energii do pracovního místa na textilii. Tento přenos je zajištěn pomocí kulových, parabolických případně eliptických zrcadel. Zdroje se umístí do ohniska zrcadel, kde je fokusována zářivá energie a textilie se pohybuje buď v rovnoběžném zářivém poli nebo v ohnisku zrcadel. Při užití dvou zrcadel je možné ozařovat textilii oboustranně.

Laserové metody oddělování a spojování textilií potřebují pro svou správnou funkci vhodné nastavení podmínek laserového záření, chladicího plynového media a přtlaku. Vhodnou konfigurací je možné dosáhnout optimálního spoje vláken ve vlákenné vrstvě, nebo její rozdělení. Pro chod laserové technologie je tedy zapotřebí vhodně regulovat optimální fyzikální podmínky za použití senzoriky a řídicího systému, nejčastěji PC. Každá laserová technologie musí být nakonfigurována na konkrétní aplikaci a typ textilie, přičemž platí, že metody spojování jsou na toto nastavení náchylné více, než metody oddělování. Princip laserových metod oddělování a spojování je založený na přenosu energie laserovým paprskem, která se při dopadu na materiál mění v tepelnou energii. Díky vlastnostem laseru lze působit na materiál paprskem o vysoké energii. V současné době se k oddělování a spojování textilií nejvíce používají laserové záření o vlnové délce $10,6 \mu m$, které mohou generovat lasery CO_2 . Tyto lasery mají tu výhodu, že se jejich paprsek prakticky celý pohltí v textilním materiálu a jeho energie se přemění s velkou účinností na energii tepelnou. Intenzita pohlceného paprsku je dána vztahem (viz vzorec 11). Mnohem častěji se také v textilním průmyslu používají lasery kontinuální. Pulsní lasery mají tu nevýhodu, že jsou omezeny délkou jejich pulsu a nemusí být schopny dostatečně dlouho působit na textilní materiál, aby docházelo k jeho oddělování nebo případnému pojení.

$$I_a = I_o \cdot (1 - R) = I_o \cdot A \quad (11)$$

I_o – intenzita laserového paprsku

R – součinitel odrazivosti

A – součinitel pohltivosti

2.3 Vlastnosti vláken

Vlákna mají řadu specifických rysů, které je odlišují od ostatních materiálů. Typickým rysem vláken je, že jejich tloušťka je o několik řádů menší než délka. U vláken přírodních je délka i tloušťka dána podmínkami růstu vláken a je ovlivnitelná člověkem pouze nepřímo. U vláken chemických a syntetických je možné měnit nejen délku a tloušťku, ale také tvar příčného řezu záměrně. Mezi další rysy vláken patří jejich struktura, která vzniká vlivem nevratné orientace makromolekul podél osy vláken a částečně krystalizací. Základním elementem vlákna je mikrofibrila. Pro různé aplikační účely se u vláken určují další vlastnosti jako je např. pevnost, tažnost, modul pružnosti nebo tepelná kapacita. Z hlediska technologie oddělování a spojování textilních materiálů nás budou nejvíce zajímat tepelné vlastnosti vláken. Je to dáno tím, že některé metody oddělování a spojování jsou založeny na principu dodávání tepelné energie do materiálu, která následně působí na strukturu vlákna. Do této skupiny patří i metody využívající vlastností laseru, které jsou v této práci zkoumány.

2.3.1 Základní rozdělení vláken

Textilní vlákna lze rozdělit do dvou základních skupin a to na vlákna přírodní a vlákna chemická [16].

Přírodní vlákna lze rozdělit na vlákna rostlinná, živočišná a přírodní anorganická. Mezi vlákna rostlinná patří:

- vlákna rostlinná ze semen – bavlna, kapok (vlákna jednobuněčná),
- vlákna rostlinná ze stonků (lýková) – len, konopí, juta, ramie, kenaf (technická vícebuněčná vlákna),
- vlákna rostlinná z listů – sisal, manilské konopí, novozélandský len (technická vícebuněčná vlákna),
- vlákna rostlinná z plodů – kokosová vlákna (technická vícebuněčná vlákna).

Mezi vlákna živočišná patří:

- vlákna keratinová (srsti) – vlna ovčí a ostatní srsti, jako např. mohér, kašmír, angora, srst lamy, velbloudí srst, chlupy kozí, psí, hovězí, koňské žíně, lidské vlasy, atd.
- vlákna fibroinová (výměšky hmyzu) – přírodní pravé hedvábí (z bource morušového, hedvábí plané – tussah (z bource dubového, jablečného, ricinového), pavoučí hedvábí (ze zvláštních druhů brazilských pavouků).

Mezi vlákna přírodní anorganická patří např. azbest.

Chemická vlákna jsou definována jako textilní vlákna získaná chemickou cestou. Tyto vlákna lze rozdělit na vlákna vyráběná z přírodních a syntetických polymerů.

Vlákna z přírodních polymerů jsou vytvořena uměle, z přírodních polymerů, resp. modifikací přírodních polymerů. Nejčastějším přírodním polymerem využívaným pro účely výroby chemických vláken z přírodních polymerů je celulóza. Vlákna chemická z přírodních polymerů lze rozdělit na:

- vlákna celulózová z regenerované celulózy
 - vlákna viskózní,
 - vlákna měďnatoamonná,
 - vlákna nitrátová,
- vlákna celulózová z derivátů celulózy
 - vlákna acetátová,
 - vlákna semidiacetátová,
 - vlákna diacetátová,
- vlákna z kyseliny algové - alginátová vlákna,
- vlákna bílkovinová z regenerovaných bílkovin živočišných
 - vlákna kaseinová,
 - vlákna keratinová,
 - vlákna fibroinová,
- vlákna bílkovinová z regenerovaných bílkovin rostlinných
 - vlákna sójová,
 - vlákna zeinová.

Mezi syntetické polymery používané pro výrobu chemických vláken patří polyamidy, polyester, polyetylen, polypropylen, polyakrylonitril, polyuretany atd. Do skupiny chemických vláken ze syntetických polymerů také patří chemická vlákna anorganická, která lze rozdělit na:

- vlákna kovová
 - Au,
 - Ag,
 - Cu,
 - vlákna ze slitin,
- vlákna na bázi křemíku
 - skleněná,
 - strusková,
 - horninová,
- vlákna uhlíková,
- vlákna z ostatních nízkomolekulárních látek,
- vlákna z monokrystalů.

2.3.2 Tepelné vlastnosti vláken

Tepelné vlastnosti vláken jsou velice důležité, neboť jsou rozhodující pro volbu vhodných parametrů zpracování i použití vláken. Závisí na chemickém složení vláken a jejich nadmolekulární struktuře. Pro optimalizaci užitečných vlastností je třeba znát schopnost polymeru vést či akumulovat teplo, jeho tepelnou odolnost a tvarovou stálost při teplotních změnách.

Tepelné vlastnosti polymerů jsou určeny ve značné míře tím, že tyto látky jsou tvořeny polymerními molekulami. Jejich tepelné vlastnosti jako je tepelná roztažnost, měrné teplo a tepelná vodivost, ovlivňují např. vazebné síly mezi atomy, tvar, uspořádání nebo pohyblivost jednotlivých molekul.

Při zahřívání polymeru dochází k jeho degradaci. S rostoucí teplotou se zvyšuje pohyblivost makromolekulárních řetězců a dochází k jejich rozpadu. Dále pak může docházet k degradaci vlivem kyslíku, vlhkosti, přítomnosti jiných látek, katalysátorů apod.

Důležitou fyzikální veličinou je tepelná kapacita, která představuje množství tepla dodaného termodynamické soustavě potřebného pro zvýšení teploty T o jeden Kelvin za konstantního tlaku nebo objemu [18]. Tepelná kapacita při konstantním tlaku je dána vztahem (viz vzorec 12).

$$C = \left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_p \quad (12)$$

Q – dodané teplo

T – termodynamická teplota

Vzhledem k tomu, že tepelná kapacita je přímo úměrná hmotnosti, je vhodné zavést měrnou tepelnou kapacitu C_p při stálém tlaku (viz vzorec 13) [18]. Hodnoty měrné tepelné kapacity některých vláken jsou uvedeny (viz tab. 2).

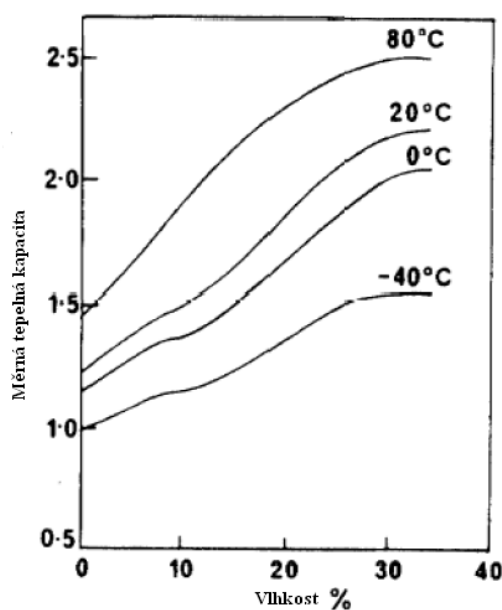
$$C_p = \frac{C}{m} = \frac{1}{m} \cdot \left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_p \quad (13)$$

m – hmotnost

Tab. 2: Měrná tepelná kapacita vybraných vláken za teploty 20 °C, převzato z [17]

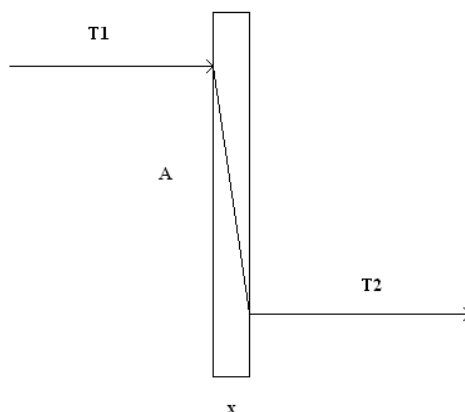
Vlákna	C_p [$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$] [20 °C]
acetát	1,46–1,88
bavlna	1,21
polyamid 6	1,40–1,50
vlna	1,36
polyester	1,34
hedvábí	1,36
polypropylen	1,46
azbest	1,05

Na měrnou tepelnou kapacitu má také vliv prostředí, ve kterém se vlákno nachází [17]. Vliv vlhkosti vlny na měrnou tepelnou kapacitu je znázorněn na obrázku 13. S rostoucí vlhkostí roste měrná tepelná kapacita.



Obr. 13: Vliv vlhkosti vlny na měrnou tepelnou kapacitu, převzato z [17]

Pro vyjádření tepelných vlastností polymerů má větší význam tepelná vodivost. Tepelná vodivost charakterizuje rychlost přestupu tepla v materiálu. Má vliv na tepelně izolační procesy, ohřev i chlazení. Tepelnou vodivost vyjadřuje součinitel tepelné vodivosti λ , což je konstanta úměrnosti ve vztahu pro ustálený tepelný tok přes plochu velikosti A . Rychlost toku tepla je úměrná také rozdílu teplot na vstupu T_1 a výstupu T_2 z materiálu a tloušťce materiálu x (viz obr. 14 a vzorec 14). Rychlost přestupu tepla má velký vliv na potřebou dobu exponování vlákna pod laserovým paprskem.



Obr. 14: Tepelná vodivost – přestup tepla materiálem

$$\frac{Q}{t} = -\lambda \cdot A \cdot \frac{T_1 - T_2}{x} \quad (14)$$

Q – množství tepla prošlého deskou za čas t

t – čas

λ – tepelná vodivost

A – plocha

T_1 – termodynamická teplota na vstupu

T_2 – termodynamická teplota na výstupu

x – tloušťka materiálu

Tepelná vodivost souvisí se specifickou měrnou tepelnou kapacitou při stálém objemu C_V , měrnou hmotností polymeru ρ a rychlostí šíření zvuku v polymeru v_z (viz vzorec 15) [18]. Pro vybrané polymery je tepelná vodivost uvedena (viz tabulce 3).

$$\lambda \approx K \cdot \rho \cdot C_V \cdot v_z \quad (15)$$

λ – tepelná vodivost

K – konstanta typická pro každý polymer

ρ – měrná hmotnost polymeru

C_V – měrná tepelná kapacita při stálém objemu

v_z – rychlost vzduchu

Tab.3: Tepelná vodivost pro vybrané polymery, převzato z [17]

Polymery	$\lambda[\text{Js}^{-1}\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}]$	$C_v \cdot 10^3 [\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}]$	$v_z [\text{ms}^{-1}]$
PP	0,172	2,14	1750
PVC	0,168	0,96	2000
PES	0,218	1,13	2140
elastan	0,147	1,7	1710

3 Praktická část

V této kapitole se budu zabývat praktickou částí této diplomové práce. Uvedu zde základní mechanické vlastnosti zkoušených textilních materiálů, jak tkanin, tak úpletů. Dále se zaměřím na vlivy spojené s ozářením textilních materiálu a na jejich změnu struktury.

3.1 Rozbor mechanických vlastností zkoumaných textilních vzorků a zpracování základních parametrů tkaniny

Jednoduchá charakteristika zkoušených vzorků tkanin

Vzorek č. 1 je tvořen ze stoprocentního polyamidu. Ve střídě vazby plátnové s velmi hustou dostavou osnovy a útku.

Vzorek č. 2 je tvořen ze stoprocentního polyesteru. Ve střídě vazby plátnové s velmi hustou dostavou osnovy a útku.

Vzorek č. 3 je tvořen ze stoprocentního polyesteru. Ve střídě vazby plátnové s hustou dostavou osnovy a útku.

Vzorek č. 4 je tvořen ze stoprocentního polyamidu. Ve střídě vazby plátnové s hustou dostavou osnovy a útku.

Vzorek č. 5 je tvořen ze stoprocentního polyamidu. Ve střídě vazby keprové s hustou dostavou osnovy a útku.

Tab. 4: Označení vzorků tkanin

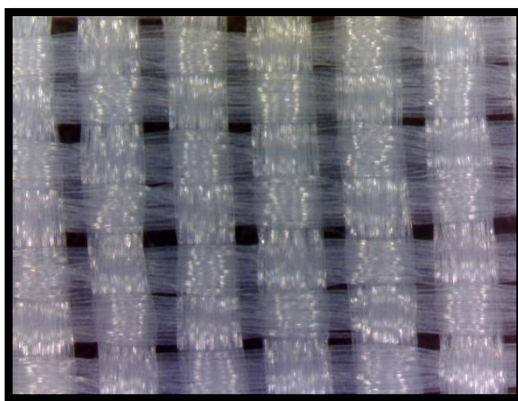
Zkoumaný tex. materiál	Počet vrstev	Označení
100% PAD A	jednovrstvý	č.1
100% PES A	jednovrstvý	č.2
100% PES B	jednovrstvý	č.3
100% PAD B	jednovrstvý	č.4
100% PAD C	jednovrstvý	č.5
100% PAD A	dvouvrstvý	č.6
100% PES A	dvouvrstvý	č.7
100% PES B	dvouvrstvý	č.8
100% PAD B	dvouvrstvý	č.9
100% PAD C	dvouvrstvý	č.10

Zdroj: vlastní zpracování

Představení všech zkoušených jednovrstvých tkanin

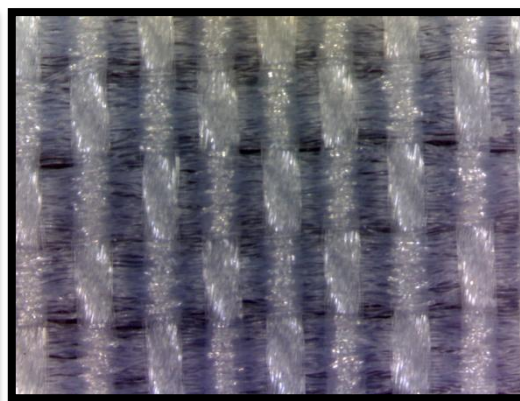
Vzorky byly tvořeny na digitálním microscopu zvětšené přibližně o 200 až 230 μm . Pro ukázkou byl vybrán zástupce od každé zkoušené tkaniny. Na obrázcích je vidět struktura tkaniny a její dezén. Ukázkové obrázky nejsou v příliš dobré kvalitě z důvodu špatného zaostřování, jelikož focený vzorek není rovný, ale je prostorově klenutý díky charakteristickému tkaní. Také osvětlení není příliš dokonalé z důvodu podkladového černého materiálu pro lepší kontrast výsledného obrazu. Přesto jsem se snažila vzorek vhodně sejmut a zpracovat.

Vzorky jednovrstvých tkanin



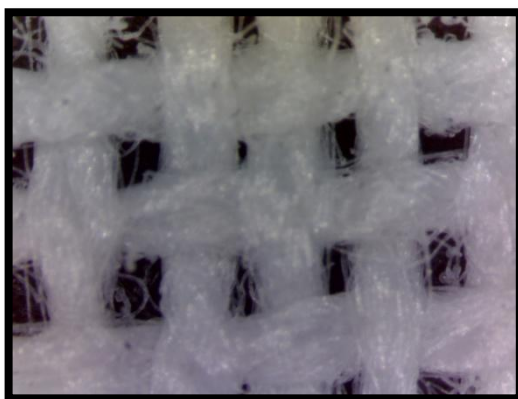
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 15: Vzorek č. 1, jednovrstvá tkanina



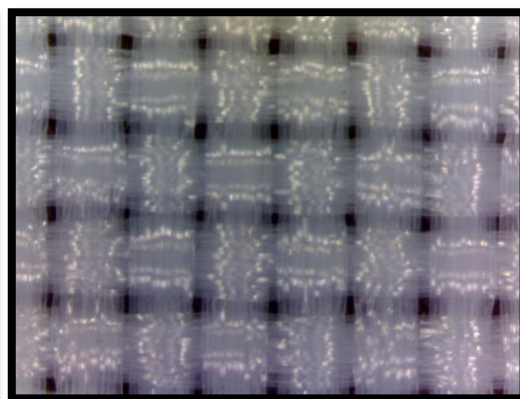
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 16: Vzorek č. 2, jednovrstvá tkanina



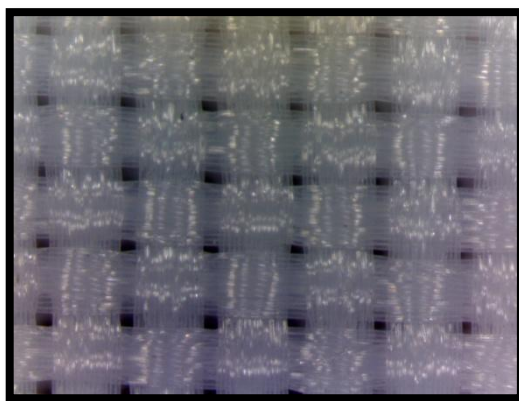
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 17: Vzorek č. 3, jednovrstvá tkanina



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 18: Vzorek č. 4, jednovrstvá tkanina



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 19: Vzorek č. 5, jednovrstvá tkanina

Určení plošné hmotnosti tkanin

Nejprve vytvořím deset vzorků od každé zkoumané textilie o rozměrech 10 x 10 centimetrů, které poté zvážím na stroji Scaltec a vypočítám průměrnou hmotnost vzorku (viz vzorec 18). Přes daný výpočetní vztah dopočítám plošnou hmotnost výsledné textilie v [g/m²] (viz vzorec 16), veškeré vypočtené hodnoty znázorním v tabulce (viz tab. 5).

Vzorec pro určení plošné hmotnosti

$$S_v \text{ m} \dots \dots \dots m_v \text{ g g} \quad S_v \dots \dots \text{plocha vzorku [cm}^2\text{]} \quad (16)$$

$$\underline{S_p \text{ m} \dots \dots \dots x \text{ g}} \quad m_v \dots \dots \text{hmotnost vzorku [g]}$$

$$x = \frac{S_p}{S_v} * m_v = \text{g/m}^2 \quad S_p \dots \dots \text{standardní plocha vzorku [cm}^2\text{]}$$

$$x \dots \dots \text{plošná hmotnost [g/m}^2\text{]}$$

Tab. 5: Plošná hmotnost zkoumaných tkanin (vypočteno dle vzorce 16)

Zkoumaný tex. materiál	Počet vrstev	Označení	Plošná hmotnost [g/m ²]
100% PAD	jednovrstvý	č.1	80,27
100% PES	jednovrstvý	č.2	77,69
PES, jemná	jednovrstvý	č.3	174,19
PAD, jemná	jednovrstvý	č.4	97,21
PAD, tuhá	jednovrstvý	č.5	177,77

Zdroj: vlastní zpracování

Určení jemnosti osnovních a útkových přízí u tkanin

Pro výpočet jemnosti osnovních a útkových nití vypárám příze o délce 10 centimetrů. Příze zvážím na stroji Denver instrument a vypočítám [Tex] dané příze z výpočetního vztahu (viz vzorec 17). Všechna výsledná data znázorním do tabulky (viz tab. 3).

$$váha [g] = 10^4 Tex \quad (17)$$

Tab. 6: Jemnost osnovních a útkových přízí u tkanin (vypočteno dle vzorce 17)

Zkoumaný tex. materiál	Označení	Jemnost osnovní příze [Tex]	Jemnost útkové příze [Tex]
100% PAD A	č.1	14,4	13,4
100% PES A	č.2	12,7	11,4
100% PES B	č.3	44,7	41,5
100% PAD B	č.4	14,2	13,9
100% PAD C	č.5	25,6	24,6

Zdroj: vlastní zpracování

Určení průměrné hmotnosti tkanin

K zjištění hmotnosti textilie použiji vzorky 10 x 10 centimetrů, které zvážím na stroji Scaltec. Použiji cca deset vzorků, ze kterých vypočtu průměrnou hmotnost zkoumaných textilních vzorků (viz vzorec 18). Tabulky jsou umístěny v příloze (viz tab. Příloha A 22, 23, 24, 24, 26). Všechna zprůměrovaná výsledná data jsou znázorněna v tabulce (viz tab. 6). Následně zpracuji výsledné hodnoty dle statistických vzorců (viz obr. 19, 20, 21). Výsledné hodnoty znázorním v tabulce (viz tab. 7).

Vzorec pro určení průměru hmotnosti vzorku

$$m_{vc}/p_v = m_p \quad (18)$$

$m_{vc} \dots$ hmotnost všech vzorků [g]
 $p_v \dots$ počet vzorků
 $m_p \dots$ průměrná hmotnost [g]

Tab. 7: Průměrná hmotnost vzorků tkanin (vypočteno dle vzorce 18)

Zkoumaný tex. materiál	Označení	Průměrná hmotnost [g]
100% PAD A	č.1	0,802
100% PES A	č.2	0,776
100% PES B	č.3	1,742
100% PAD B	č.4	0,972
100% PAD C	č.5	1,778

Zdroj: vlastní zpracování

Vzorce pro statistické zpracování hmotnosti pro tkaniny

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad s^2 \dots \text{rozptyl} \quad (19)$$

$n \dots$ počet měření

$x_i \dots$ naměřené hodnoty hmotnosti [g]

$\bar{x} \dots$ aritmetický průměr

$$s = \sqrt{s^2} \quad s \dots \text{směrodatná odchylka} \quad (20)$$

$s^2 \dots$ rozptyl

$$v = \frac{s}{\bar{x}} * 100 \quad v \dots \text{variační koeficient [\%]} \quad (21)$$

$s \dots$ směrodatná odchylka

$\bar{x} \dots$ aritmetický průměr

Tab. 8: Statistické zpracování hmotnosti pro tkaniny (vypočteno dle vzorce 19, 20, 21)

Zkoumaný tex. materiál	Označení	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]
100% PAD A	č.1	6,10E-07	7,81E-04	9,73E-04
100% PES A	č.2	3,29E-06	1,81E-03	2,33E-03
100% PES B	č.3	3,69E-06	2,17E-03	1,24E-03
100% PAD B	č.4	2,69E-06	1,64E-03	1,69E-03
100% PAD C	č.5	1,44E-05	3,80E-03	2,14E-03

Zdroj: vlastní zpracování

Určení průměrné tloušťky tkanin

Ke zjištění tloušťky textilie použiji vzorky 10 x 10 centimetrů, které budu měřit na stroji UNI-THICKNESS-METER. Na tomto stroji změřím cca deset míst, ze kterých vypočtu průměrnou tloušťku zkoumaných textilních vzorků (viz vzorec 22). Tabulky jsou umístěné v příloze (viz tab. Příloha B 27, 28, 29, 30, 31). Všechna zprůměrovaná výsledná data jsou znázorněna v tabulce (viz tab. 6). Dále statisticky zpracuji tyto výsledné hodnoty (viz tab. 9), dle vzorců (viz obr. 19, 20, 21).

Vzorec pro určení průměru tloušťky vzorku

$$h_{vc}/p_v = h_p \quad h_{vc} \dots \text{tloušťka všech vzorků [g]} \quad (22)$$

$p_v \dots$ počet vzorků

$h_p \dots$ průměrná hmotnost [g]

Tab. 9: Průměrná tloušťka vzorků tkanin (vypočteno dle vzorce 20)

Zkoumaný tex. materiál	Označení	Průměrná tloušťka [mm]
100% PAD A	č.1	0,148
100% PES A	č.2	0,131
100% PES B	č.3	0,409
100% PAD B	č.4	0,142
100% PAD C	č.5	0,324

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 10: Statistické zpracování tloušťky pro tkaniny (vypočteno dle vzorce 19, 20, 21)

Zkoumaný tex. materiál	Označení	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
100% PAD A	č.1	1,60E-05	4,00E-03	2,70E-02
100% PES A	č.2	9,00E-06	3,00E-03	2,29E-02
100% PES B	č.3	3,09E-04	1,76E-02	4,30E-02
100% PAD B	č.4	3,60E-05	6,00E-03	4,23E-02
100% PAD C	č.5	6,40E-05	8,00E-03	2,47E-02

Zdroj: vlastní zpracování

Určení dostavy, setkání, hustota tkaniny

Pro zjištění dostavy osnovních a útkových nití musím pod lupou spočítat počet přízí na deset centimetrů ve zkoumaných vzorcích. Spočtené příze vložím do vzorce (viz vzorec 23) a vytvořím výslednou tabulku (viz tab. 11). Setkání určím tak, že vypárám osnovní a útkovou přízi z textilie o rozměrech 10 x 10 centimetrů a obě tyto příze natáhnu a změřím. Příze, jak osnovní, tak útkové o délce deset centimetrů, které jsou zatkány v textilií porovnám s vypáranými a nataženými přízemi (viz vzorec 24, 25) a výsledné hodnoty uvedu v tabulce (viz tab. 12). Hustotu tkaniny vypočítám přes vzorec (viz vzorec 26). Hustota tkaniny nám říká, kolik je osnovních a útkových přízí obsaženo ve tkanině. Výsledná data uvádím v tabulce (viz tab. 13).

Vzorec pro určení dostavy u tkanin

$$D_o = \text{počet přízí} / 10 \text{ cm} \quad (23)$$

$$D_u = \text{počet přízí} / 10 \text{ cm}$$

Tab. 11: Dostava osnovy a útku u tanin (vypočteno dle vzorce 5.1.6)

Zkoumaný tex. materiál	Označení	Dostava osnovy [nitě/10cm]	Dostava útku [nitě/10cm]
100% PAD A	č.1	320	260
100% PES A	č.2	370	290
100% PES B	č.3	210	180
100% PAD B	č.4	370	300
100% PAD C	č.5	430	280

Zdroj: vlastní zpracování

Vzorec pro setkání osnovy a útku u tkanin

$$s_o = \frac{l_o * l_{tk}}{l_{tk}} * 100 \quad s_o \dots \text{setkání osnovy} [\%] \quad (24)$$

$l_o \dots \text{prodloužení osnovní příze} [cm]$

$l_{tk} \dots \text{délka tkaniny} [cm]$

$$s_u = \frac{l_u * l_{tk}}{l_{tk}} * 100 = \quad s_u \dots \text{setkání útku} [\%] \quad (25)$$

$l_u \dots \text{prodloužené útkové příze} [cm]$

$l_{tk} \dots \text{délka tkaniny} [cm]$

Tab. 12: Setkání osnovy a útku u tkanin (vypočteno dle vzorců 24, 25)

Zkoumaný tex. materiál	Označení	Setkání osnovy [%]	Setkání útku [%]
100% PAD A	č.1	1	2
100% PES A	č.2	1	2
100% PES B	č.3	2	3
100% PAD B	č.4	2	3
100% PAD C	č.5	3	4

Zdroj: vlastní zpracování

Vzorec pro hustota tkaniny

(26)

$$G_{tk} = \frac{D_o * 10 * \left(1 + \frac{s_o}{100}\right) * T_o}{10^3} + \frac{D_u * 10 * \left(1 + \frac{s_u}{100}\right) * T_u}{10^3}$$

 G_{tk} hustota tkaniny [g/m^2] D_o dostava osnovy [nití/10cm] s_o setkání osnovy [%] T_o jemnost osnoví příze [Tex] D_u dostava útku [nití/10cm] s_u setkání útku [%] T_u jemnost útkové příze [Tex]**Tab. 13: Hustota tkaniny (vypočteno dle vzorce 26)**

Zkoumaný tex. materiál	Označení	Hustota tkaniny [g/m^2]
100% PAD A	č.1	82,078
100% PES A	č.2	81,181
100% PES B	č.3	172,689
100% PAD B	č.4	96,512
100% PAD C	č.5	185,018

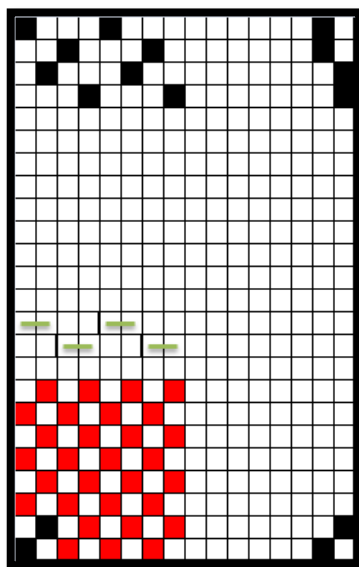
Zdroj: vlastní zpracování

Určení dezénu

K určení dezénu vložím pod lupu textilní vzorky a pečlivě si zakreslím dezén do vzornice (viz obr. 20, 21).

Plátnová vazba

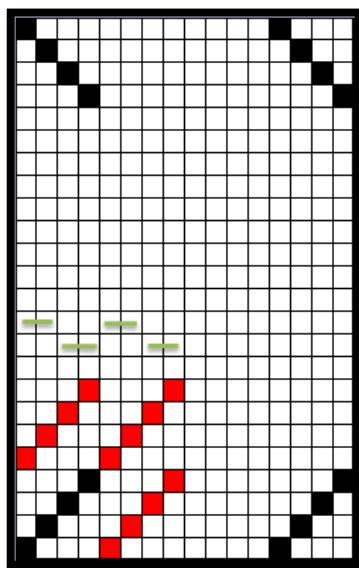
1
P — 1



Obr. 20: Dezén tkaniny č. 1, č. 2, č. 3, č. 4. Technická vzornice

Keprová vazba

1
K — Z
3



Obr. 21: Dezén tkaniny č. 5. Technická vzornice

Tab. 14: Souhrnná tabulka všech vypočtených výsledků v této kapitole, pro vzorky tkanin

Zkoumaný tex. materiál	100% PAD A	100% PES A	100% PES B	100% PAD B	100% PAD C
Označení	č.1	č.2	č.3	č.4	č.5
Plošná hmotnost [g/m²]	80,27	77,69	174,19	97,21	177,77
Jemnost osnovní příze [Tex]	14,4	12,7	44,7	14,2	25,6
Jemnost útkové příze [Tex]	13,4	11,4	41,5	13,9	24,6
Průměrná hmotnost [g]	0,802	0,776	1,742	0,972	1,778
Průměrná tloušťka [mm]	0,148	0,131	0,409	0,142	0,324
Dostava osnovy [nitě/10cm]	320	370	210	370	430
Dostava útku [nitě/10cm]	260	290	180	300	280
Setkání osnovy [%]	1	1	2	2	3
Setkání útku [%]	2	2	3	3	4
Hustota tkaniny [g/m²]	82,078	81,181	172,689	96,512	185,018
Vazba	plátnová	plátnová	plátnová	plátnová	keprová

Zdroj: vlastní zpracování

3.2 Rozbor mechanických vlastností zkoumaných textilních vzorků a zpracování základních parametrů úpletů

Jednoduchá charakteristika zkoušených vzorků úpletů

Vzorek č. 1 je tvořen ze stoprocentního polyesteru. Zátěžná oboulící pletenina s podloženými očky.

Vzorek č. 2 je tvořen ze stoprocentního polyamidu. Osnovní pletenina - kladení dvěma jehlami.

Vzorek č. 3 je tvořen ze stoprocentního polyesteru. Zátěžná oboulící pletenina.

Vzorek č. 4 je tvořen ze stoprocentního polyamidu. Zátěžná jednolící hladká pletenina.

Se *Vzorky č. 5 a č. 6, č. 11 a č. 12* jsem dále nepracovala z důvodu nedostatku materiálu.

Tab. 15: Označení vzorků úpletů

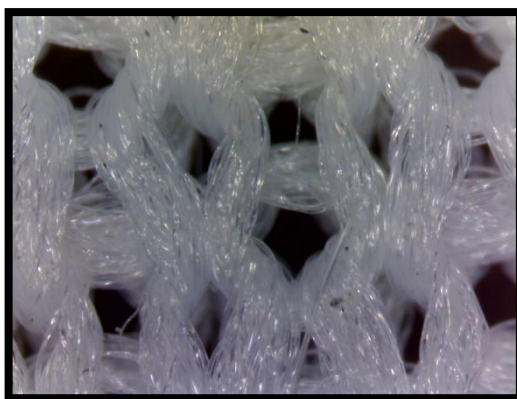
Zkoumaný tex. materiál	Počet vrstev	Označení
100% PES A	jednovrstvý	č.1
100% PAD A	jednovrstvý	č.2
100% PES B	jednovrstvý	č.3
100% PAD B	jednovrstvý	č.4
PES s příměsí Lycra	jednovrstvý	č.5
100% PAD C	jednovrstvý	č.6
100% PES A	dvouvrstvý	č.7
100% PAD A	dvouvrstvý	č.8
100% PES B	dvouvrstvý	č.9
100% PAD B	dvouvrstvý	č.10
PES s příměsí Lycra	dvouvrstvý	č.11
100% PAD C	dvouvrstvý	č.12

Zdroj: vlastní zpracování

Představení všech zkoušených jednovrstvých úpletů

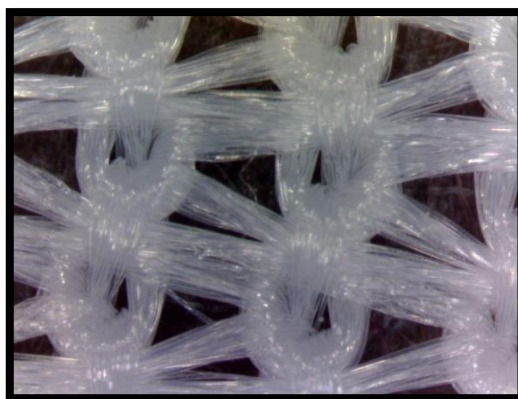
Vzorky byly tvořeny na digitálním microscopu zvětšené přibližně o 200 až 230 μm . Pro ukázkou byl vybrán zástupce od každého zkoušeného úpletu. Na obrázcích je vidět struktura úpletu a dezén. Ukázkové obrázky nejsou v příliš dobré kvalitě z důvodu špatného zaostřování, jelikož focený vzorek není rovný, ale je prostorově klenutý díky charakteristickému pletení. Také osvětlení není příliš dokonalé z důvodu podkladového černého materiálu pro lepší kontrast výsledného obrazu. Přesto jsem se snažila vzorek vhodně sejmut a zpracovat.

Vzorky jednovrstvých úpletů



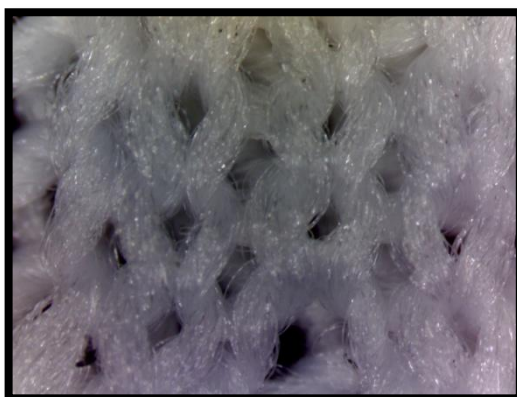
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 22: Vzorek č. 1, jednovrstvý úplet



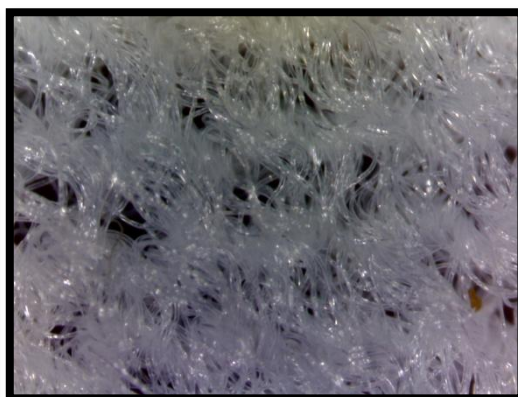
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 23: Vzorek č. 2, jednovrstvý úplet



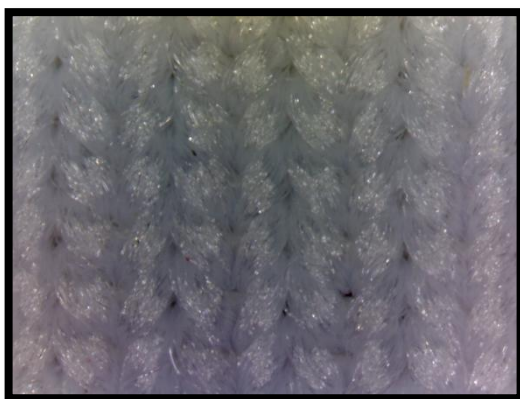
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 24: Vzorek č. 3, jednovrstvý úplet



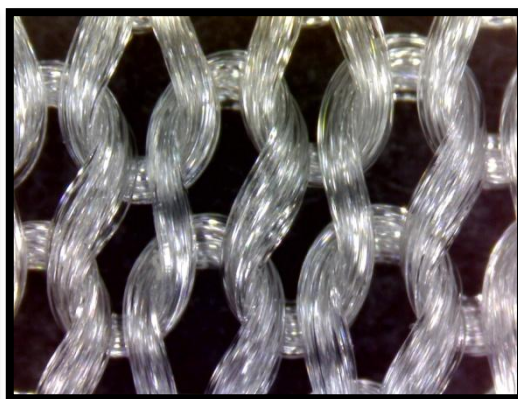
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 25: Vzorek č. 4, jednovrstvý úplet



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 26: Vzorek č. 5, jednovrstvý úplet



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 27: Vzorek č. 6, jednovrstvý úplet

Uřčení plošné hmotnosti úpletu

Nejprve vytvořím deset vzorků od každého zkoumaného úpletu o rozměrech 10 x 10 centimetrů, které poté zvážím na stroji Scaltec a vypočítám průměrnou hmotnost vzorku (viz vzorec 18). Přes daný výpočetní vztah dopočítám plošnou hmotnost výsledné textilie v $[g/m^2]$ (viz vzorec 16), veškeré vypočtené hodnoty znázorním v tabulce (viz tab. 16).

Tab. 16: Plošná hmotnost zkoumaných úpletů (vypočteno dle vzorce 16)

Zkoumaný tex. materiál	Označení	Plošná hmotnost $[g/m^2]$
100% PES A	č.1	186,53
100% PAD A	č.2	102,38
100% PES B	č.3	128,99
100% PAD B	č.4	75,82

Zdroj: vlastní zpracování

Určení jemnosti příze úpletu

Jemnost příze zjistím taktéž přes vztah (viz vzorec 17). Zvážím si na stroji Denver instrument příze o rozměru deset centimetrů, které si po vypárání z textilie napnu a změřím jejich délku a veškeré tyto hodnoty vložím do tabulky (viz tab. 17).

Tab. 17: Jemnost přízí u úpletů (vypočteno dle vzorce 17)

Zkoumaný tex. materiál	Označení	Jemnost příze [Tex]
100% PES A	č.1	7
100% PAD A	č.2	9
100% PES B	č.3	9
100% PAD B	č.4	7

Zdroj: vlastní zpracování

Určení průměrné hmotnosti úpletů

Ke zjištění hmotnosti textilních úpletů použiji vzorky 10 x 10 centimetrů, které zvážím na stroji Scaltec, dále pak použiji cca deset vzorků, ze kterých vypočtu průměrnou hmotnost zkoumaných textilních vzorků (viz tab. Příloha C 32, 33, 34, 35), tyto tabulky nalezneme v příloze. Všechna zpracovaná data jsou uvedena ve výsledné tabulce (viz tab. 18), které poté statisticky zpracuji dle vzorců (viz vzorec 19, 20, 21) a vypočtená data znázorním v tabulce (viz tab. 19).

Tab. 18: Průměrná hmotnost vzorků úpletů (vypočteno dle vzorce 18)

Zkoumaný tex. materiál	Označení	Průměrná hmotnost [g]
100% PES A	č.1	1,865
100% PAD A	č.2	1,024
100% PES B	č.3	1,29
100% PAD B	č.4	0,758

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 19: Statistické zpracování hmotnosti pro úplety (vypočteno dle vzorce 19, 20, 21)

Zkoumaný tex. materiál	Označení	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
100% PES A	č.1	5,61E-06	2,37E-03	1,27E-03
100% PAD A	č.2	4,96E-06	2,23E-03	2,18E-03
100% PES B	č.3	6,49E-06	2,55E-03	1,97E-03
100% PAD B	č.4	1,54E-04	1,24E-02	1,64E-02

Zdroj: vlastní zpracování

Určení průměrné tloušťky úpletu

Ke zjištění tloušťky textilie použijí vzorky 10 x 10 centimetrů, které budu měřit na stroji UNI-THICKNESS-METER. Na tomto stroji si změřím cca deset míst, ze kterých vypočtu průměrnou tloušťku zkoumaných textilních vzorků (viz tab. Příloha D 36, 37, 38, 39), tyto tabulky jsou umístěny v příloze. Všechna výsledná data jsou uvedena v tabulce (viz tab. 17), které poté statisticky zpracuji dle vzorců (viz vzorec 19, 20, 21) a vypočtená data znázorním v tabulce (viz tab. 18).

Tab. 20: Průměrná tloušťka vzorků úpletu (vypočteno dle vzorce 18)

Zkoumaný tex. materiál	Označení	Průměrná tloušťka [mm]
100% PES A	č.1	0,749
100% PAD A	č.2	0,271
100% PES B	č.3	0,667
100% PAD B	č.4	0,547

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 21: Statistické zpracování tloušťky pro úplety (vypočteno dle vzorce 19, 20, 21)

Zkoumaný tex. materiál	Označení	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
100% PES A	č.1	1,69E-04	1,30E-02	1,74E-02
100% PAD A	č.2	9,00E-06	3,00E-03	1,11E-02
100% PES B	č.3	2,01E-04	1,42E-02	2,13E-02
100% PAD B	č.4	8,10E-05	9,00E-03	1,65E-02

Zdroj: vlastní zpracování

Určení hustoty sloupků a řádků, hustoty celkové, výšky a šířky oček v úpletu.

Pro určení hustoty sloupku a řádku musím zjistit, kolik je daných sloupků a řádků v úpletu o délce na deset centimetrů (viz vzorec 27, 28). Celkovou hustotu určím tak, že vložím tyto zjištěné hodnoty do výpočetního vzorce (viz vzorec 29), výšku a šířku vypočítám přes výpočetní vztah (viz vzorec 30, 31) a hodnoty znázorním v tabulce (viz tab. 19).

Vzorce pro hustotu řádků, sloupků a celkovou hustotu. Zjištění výšky a šířky oček v úpletech

$$H_{sl} = sl/10 \text{ cm} \quad H_{sl} \dots \text{hustota sloupku [cm]} \quad (27)$$

$$H_{ř} = ř/10 \text{ cm} \quad H_{ř} \dots \text{hustota řádku [cm]} \quad (28)$$

$$H_c = H_{ř} * H_{sl} \quad H_c \dots \text{hustota celková [oček/m}^2\text{]} \quad (29)$$

$$w = \frac{1000}{H_{sl}} \quad w \dots \text{šířka oška [mm]} \quad (30)$$

$$c = \frac{1000}{H_{ř}} \quad c \dots \text{výška očka [mm]} \quad (31)$$

Tab. 22: Souhrnné určení hustoty sloupků a řádků, hustoty celkové, výšky a šířky oček v úpletu (vypočteno dle vzorců 27, 28, 29, 30, 31)

Označení	Hustota řádku [ř/10cm]	Hustota sloupku [sl/10cm]	Hustota celková [oček/m ²]	Délka očka [mm]	Šířka očka [mm]	Výška očka [mm]
č.1	130	300	3900000	0,796	0,334	0,769
č.2	180	120	2160000	0,556	0,833	0,556
č.3	210	340	7140000	0,476	0,294	0,476
č.4	200	200	4000000	0,5	0,5	0,5

Zdroj: vlastní zpracování

Dezén úpletů

K určení dezénu vložím pod lupu textilní vzorky a pečlivě si zakreslím dezén do vzornice (viz obr. 28, 29, 30, 31).

Zátážná oboulícní pletenina s podloženými očky

-	O	V	O
V	-	-	-

Obr. 28: Střída vazby vzorku č. 1. Vytvořeno metodou VÚP

Osnovní pletenina - kladení dvěma jehlami

1	1
0	2
2	1
3	0
1Kp	2Kp

Obr. 29: Střída vazby vzorku č. 2. Znázornění kladením pod jehlami

Zátažná oboulícní pletenina

V	O	V	O	V	O	V	O
-	O	-	O	V	O	V	O
-	O	-	O	V	O	V	O
-	O	-	O	V	O	V	O
V	O	V	O	V	O	V	O
V	O	V	O	-	O	-	O
V	O	V	O	-	O	-	O
V	O	V	O	-	O	-	O

Obr. 30: Střída vazby vzorku č. 3. Vytvořeno metodou VÚP

Zátažná jednolící hladká pletenina

V	V
V	V

Obr. 31: Střída vazby vzorku č. 4. Vytvořeno metodou VÚP

Tab. 23: Souhrnná tabulka všech vypočtených výsledků v této kapitole, pro vzorky úpletu

Zkoumaný tex. materiál	100% PES A	100% PAD A	100% PES B	100% PAD B
Označení	č.1	č.2	č.3	č.4
Plošná hmotnost [g/m²]	186,53	102,38	128,99	75,82
Jemnost příze [Tex]	7	9	9	7
Průměrná hmotnost [g]	1,865	1,024	1,29	0,758
Průměrná tloušťka [mm]	0,749	0,271	0,667	0,547
Hustota řádku [ř/10cm]	130	180	210	200
Hustota sloupku [sl/10cm]	300	120	340	200
Hustota celková [oček/m²]	3900000	2160000	7140000	4000000
Délka oka [mm]	0,796	0,556	0,476	0,5
Šířka oka [mm]	0,334	0,833	0,294	0,5
Výška oka [mm]	0,769	0,556	0,476	0,5

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 24: Vazba úpletů

Zkoumaný tex. materiál	Označení	Vazba
100% PES A	č.1	Zátažná oboulícni pletenina s podloženými očky
100% PAD A	č.2	Osnovní pletenina - kladení dvěma jehlami
100% PES B	č.3	Zátažná oboulícni pletenina
100% PAD B	č.4	Zátažná jednolícni hladká pletenina

Zdroj: vlastní zpracování

3.3 Výsledné zhodnocení pro tkaniny a úplety

3.3.1 Výsledné zhodnocení pro tkaniny (viz kapitola 3.1)

Výsledné hodnoty z kapitoly (3.1) bych zhodnotila v jednotlivých souvislostech. Můžeme si povšimnout, že vzorek č. 5 dominuje s největší plošnou hmotností, průměrnou hmotností, dostavou osnovy, setkáním osnovy a útku a hustotou tkaniny na úkor ostatních zkoumaných vzorků tkanin a jako jediný vzorek má odlišnou vazbu a to keprovou. Dále můžeme pozorovat, že vzorek č. 4 má největší dostavu útku na deset centimetrů. U vzorku č. 3 je zajímavé, že jemnost osnovní a útkové příze přesahují nad ostatní zkoumané vzorky tkanin. Lze tedy konstatovat, že vzorek č. 3 je tkán nejvyšší jemností přízí a také má největší průměrnou tloušťku, než ostatní tkaniny.

Nadále bych zhodnotila vzorky, které mají přibližně stejné parametry ve stejných kategoriích. U vzorku č. 3 a č. 5 je přibližně stejná plošná hmotnost a lze tedy říci o těchto tkaninách, že by vážily velice podobně. Vzorky č. 1 a č. 4 mají přibližně stejnou jemnost osnovních a útkových přízí. Průměrná hmotnost u vzorků č. 1 a č. 2 se po zaokrouhlení vzorku č. 2 rovná. Stejně je to i u průměrné tloušťky, když oba vzorky zaokrouhlíme, vyjde nám, že vzorky mají totožnou průměrnou tloušťku. Dostavu osnovy mají úplně stejnou vzorky č. 2 a č. 4. Dostava útku je větší pouze o deset nití na deset centimetrů u vzorku č. 2, než u vzorku č. 5. Můžeme tedy konstatovat, že vzorek č. 2 a č. 5 mají dostavu útku velice podobnou. Setkání osnovy je stejné u vzorků č. 1 a č. 2 a také ve vzorků č. 3 a č. 4. Stejně je to i se setkáním útku u těchto vzorků. Vazba plátňová se vyskytuje u všech vzorků, kromě již zmíněného vzorku č. 5.

3.3.2 Výsledné zhodnocení pro úplety (viz kapitola 3.2)

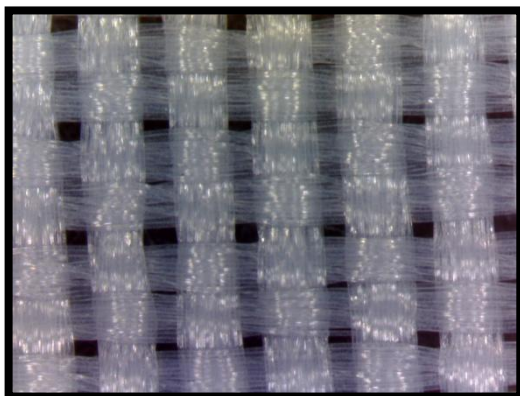
Výsledné hodnoty z kapitoly (3.2) bych zhodnotila v jednotlivých souvislostech. Můžeme pozorovat, že vzorek č. 1 dominuje s největší plošnou hmotností, průměrnou hmotností, průměrnou tloušťkou, hustotou sloupků, délkou oka a výškou oka na úkor ostatních zkoumaných vzorků úpletů. Dále si všimneme, že vzorek č. 2 má největší jemnost příze a šířku oka v úpletu, taktéž i vzorek č. 3 má největší jemnost příze, dále dominuje v celkové hustotě, kterou má největší ze všech zkoumaných textilních vzorků. Jemnosti vzorku č. 2 a č. 3 jsou naprosto shodné. U vzorku č. 4 je zajímavé, že délka, šířka a výška oka je stejná, taktéž je stejná i hustota rádků a hustota sloupků. Můžeme tedy říci, že vzorek č. 4 je opravdu upleten v zátažné jednolíní vazbě. Tato vazba je pletena pouze z lícních oček, u kterých předpokládáme stejné parametry.

Nadále bych zhodnotila vzorky, které mají přibližně stejné parametry ve stejných kategoriích. Všimneme si, že u vzorku č. 1 a č. 3 je přibližně stejná plošná hmotnost, o těchto úpletech můžeme konstatovat, že by vážily velice podobně, taktéž vzorek č. 1 a č. 4 má stejnou jemnost přízí. Průměrná hmotnost u vzorků č. 2 a č. 3 se liší velice málo, můžeme tedy říci, že je skoro totožná. Dále u vzorku č. 1 a č. 3 je podobná průměrná tloušťka upleteného materiálu. Hustotu řádku mají téměř shodnou vzorky č. 3 a č. 4, liší se pouze o deset řádků na deset centimetrů. Vzorky č. 1 a č. 3 mají přibližně stejnou hustotu sloupků, ale liší se výrazněji, než hustota řádku a vzorku č. 3 a č. 4. Hustota sloupku u vzorku č. 1 a č. 3 se liší o čtyřicet sloupků na deset centimetrů v úpletu. Délka oka v milimetrech je po zaokrouhlení vzorku č. 3 stejná jako u vzorku č. 4. Šířka oka po zaokrouhlení vzorku č. 3 je totožná jako u vzorku č. 1, identická je i výška oka u vzorku č. 3 a č. 4, po zaokrouhlení vzorku č. 3.

3.3.3 Porovnání zkoušených vzorků tkanin a úpletů s rychlosti značení 200 bits/ms a intenzitou laseru, která byla potřeba k celkovému proříznutí daného textilního materiálu (viz kapitola 3.1, 3,2)

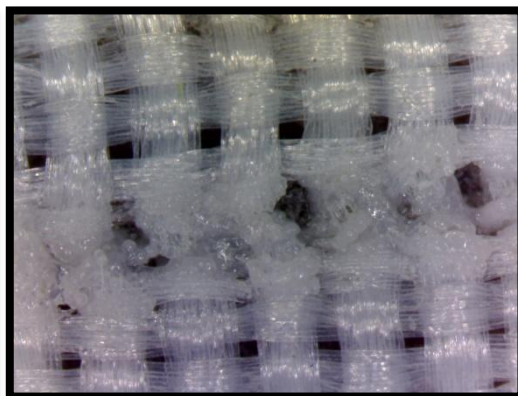
Vzorky byly tvořeny na digitálním microscopu zvětšené přibližně o 200 až 230 μm . Pro ukázkou byly vybrány tři vzorky od každé textilie a úpletu. První obrázek představuje textilií, nebo úplet, který není ozářen laserovým paprskem. Druhý obrázek představuje u jednovrstvých textilií, nebo úpletů prvotní rychlost značení 200 bits/ms. Poslední třetí obrázek představuje celkové proříznutí textilie či úpletu při daných rychlostech značení pro každý jednotlivý vzorek. Chtěla jsem ukázat samotné stavení u vzorků textilie či úpletu. Ukázkové obrázky nejsou v příliš dobré kvalitě z důvodu špatného zaostřování, jelikož focený vzorek není rovný, ale je prostorově klenutý díky charakteristickému tkaní, nebo pletení. Také osvětlení není dostatečně dokonalé z důvodu podkladového černého materiálu pro lepší kontrast výsledného obrazu, ale přesto jsem se snažila vzorek vhodně sejmout a zpracovat.

Vzorky jednovrstvých tkanin



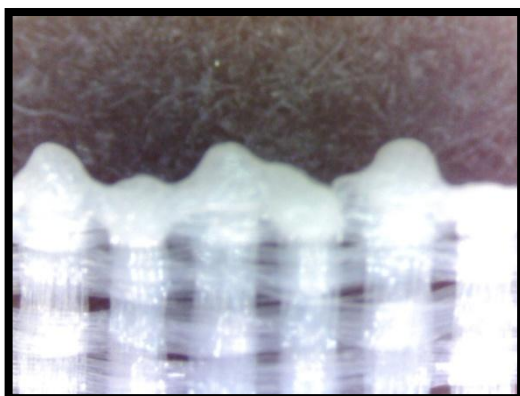
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 32: Vzorek č. 1, jednovrstvá tkanina



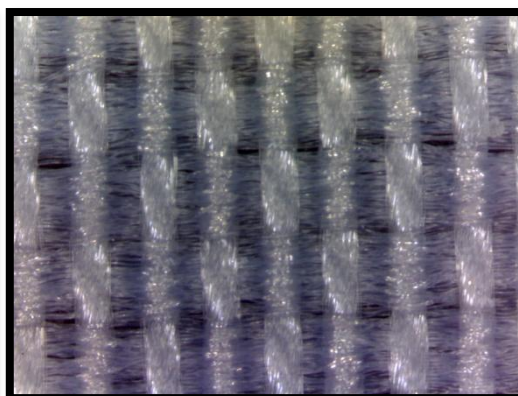
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 33: Vzorek č. 1, jednovrstvá tkanina, při rychlosti značení 200 bits/ms



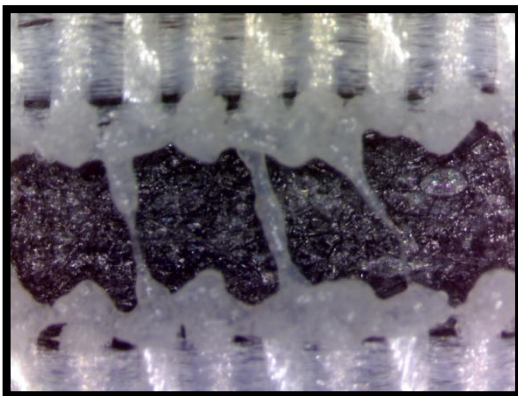
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 34: Vzorek č. 1, jednovrstvá tkanina, při rychlosti značení 100 bits/ms



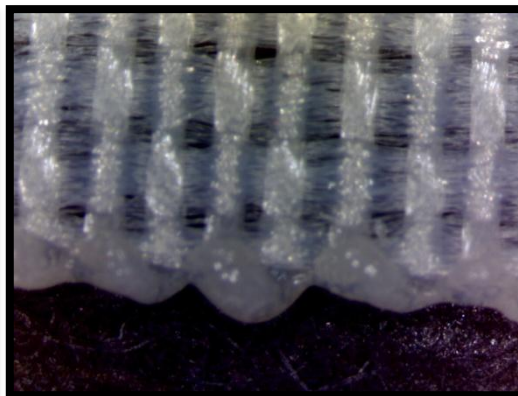
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 35: Vzorek č. 2, jednovrstvá tkanina



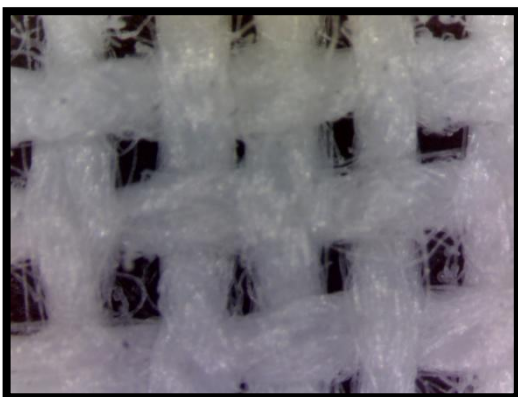
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 36: Vzorek č. 2, jednovrstvá tkanina, značení při rychlosti značení 200 bits/ms



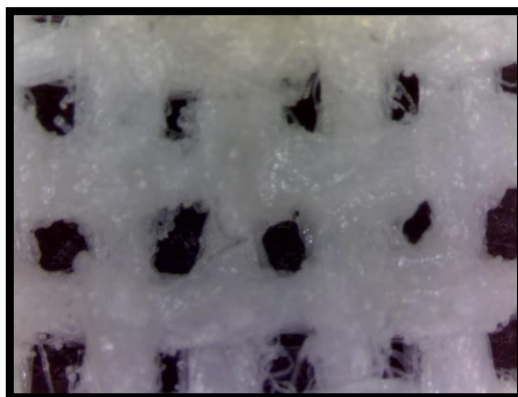
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 37: Vzorek č. 2, jednovrstvá tkanina při rychlosti značení 100 bits/ms



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 38: Vzorek č. 3, jednovrstvá tkanina



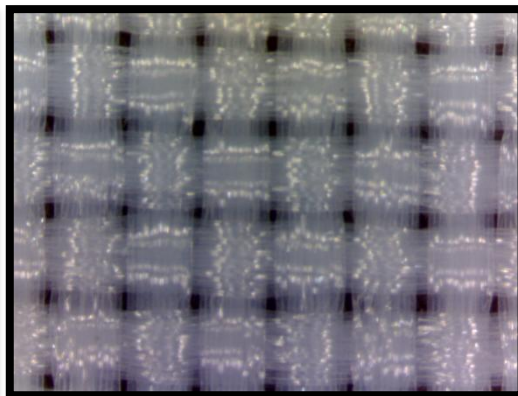
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 39: Vzorek č. 3, jednovrstvá tkanina, při rychlosti značení 200 bits/ms



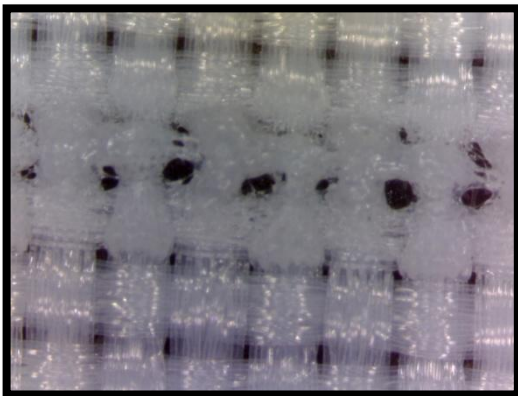
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 40: Vzorek č. 3, jednovrstvá tkanina, při rychlosti značení 30 bits/ms



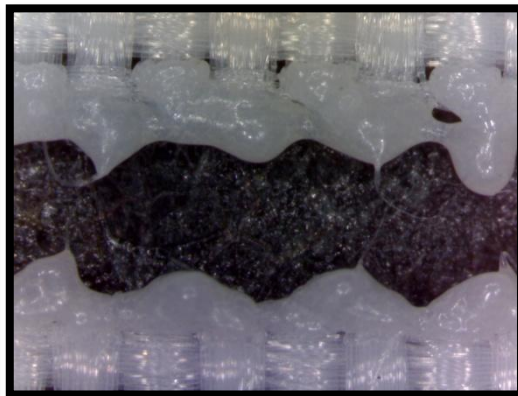
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 41: Vzorek č. 4, jednovrstvá tkanina



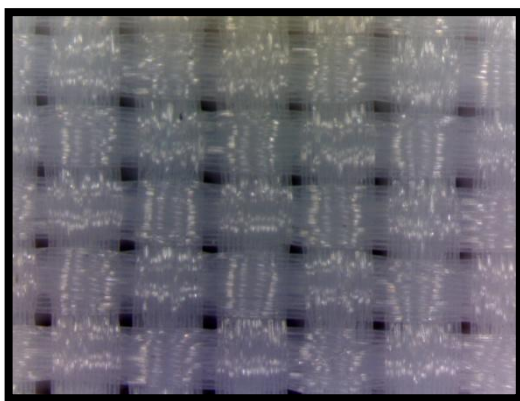
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 42: Vzorek č. 4, jednovrstvá tkanina, při rychlosti značení 200 bits/ms



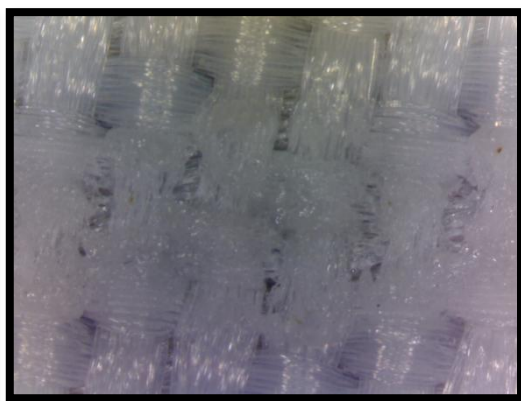
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 43: Vzorek č. 4, jednovrstvá tkanina, při rychlosti značení 100 bits/ms



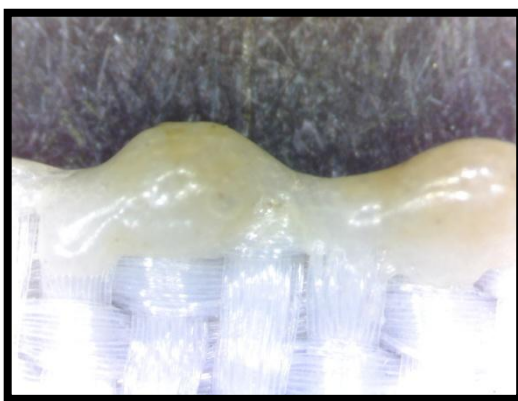
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 44: Vzorek č. 5, jednovrstvá tkanina



Zdroj: Vlastní zpracování

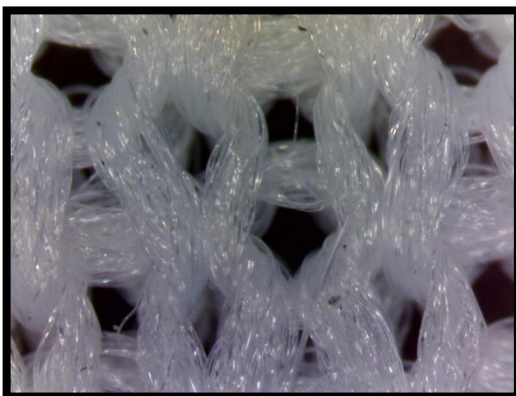
Obr. 45: Vzorek č. 5, jednovrstvá tkanina, při rychlosti značení 200 bits/ms



Zdroj: Vlastní zpracování

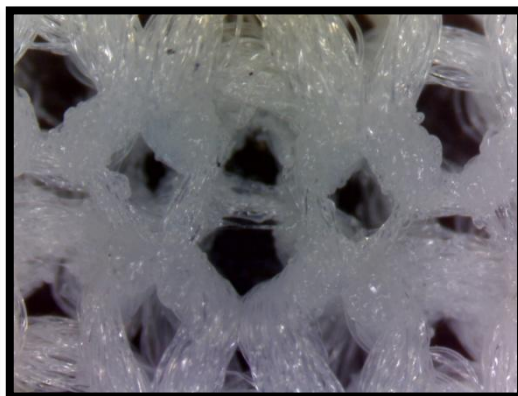
Obr. 46: Vzorek č. 5, jednovrstvá tkanina, při rychlosti značení 10 bits/ms

Vzorky jednovrstvých úpletů



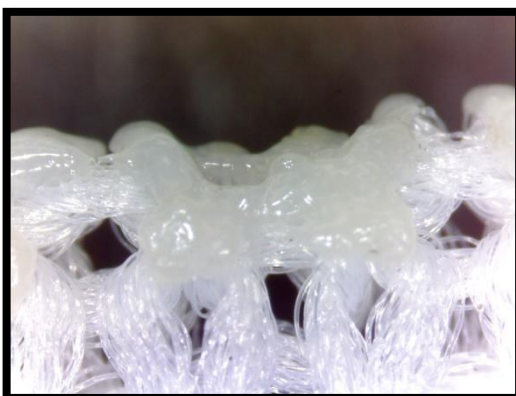
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 47: Vzorek č. 1, jednovrstvý úplet



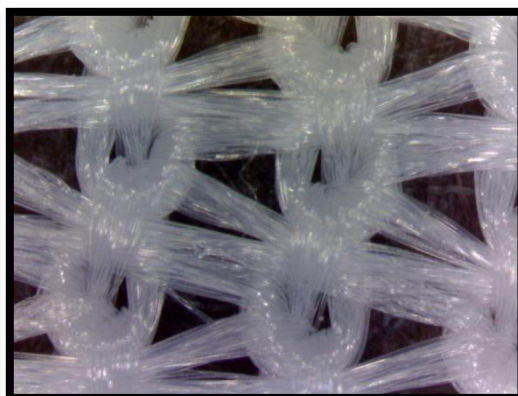
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 48: Vzorek č. 1, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 200 bits/ms



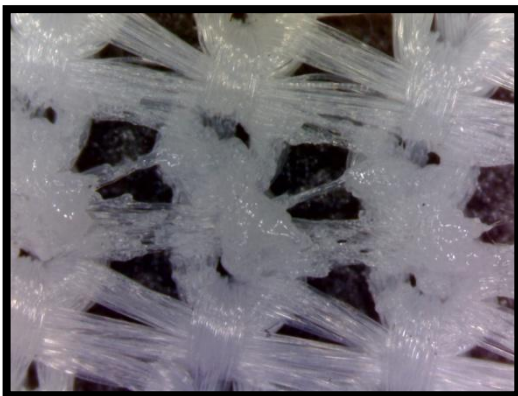
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 49: Vzorek č. 1, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 30 bits/ms



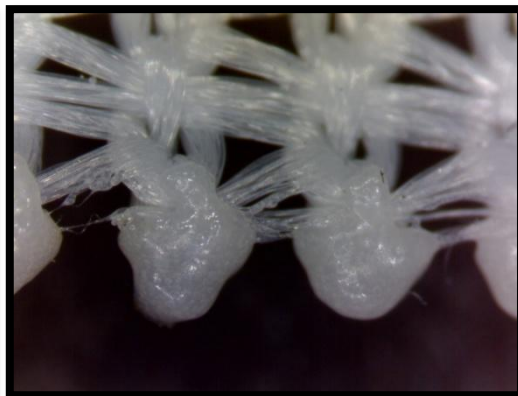
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 50: Vzorek č. 2, jednovrstvý úplet



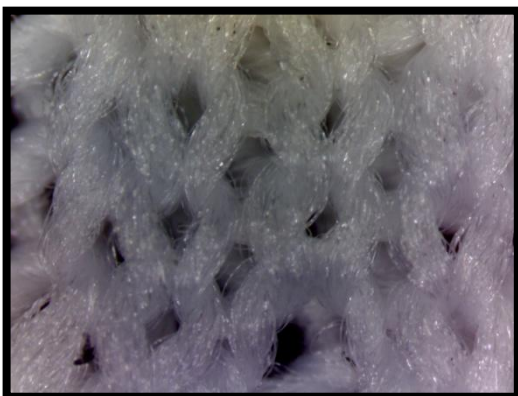
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 51: Vzorek č. 2, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 200 bits/ms



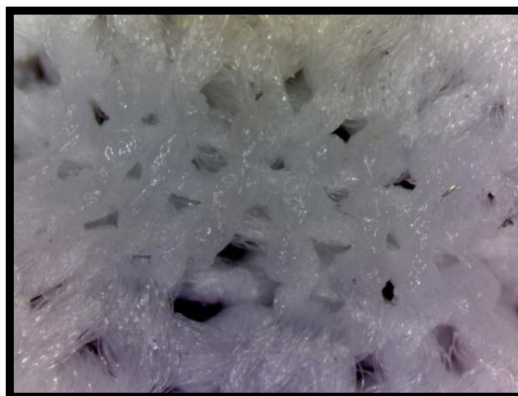
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 52: Vzorek č. 2, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 30 bits/ms



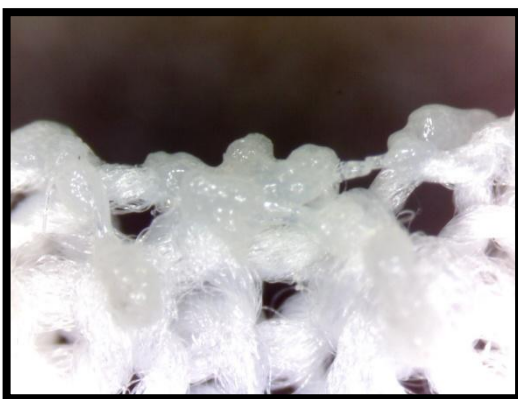
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 53: Vzorek č. 3, jednovrstvý úplet



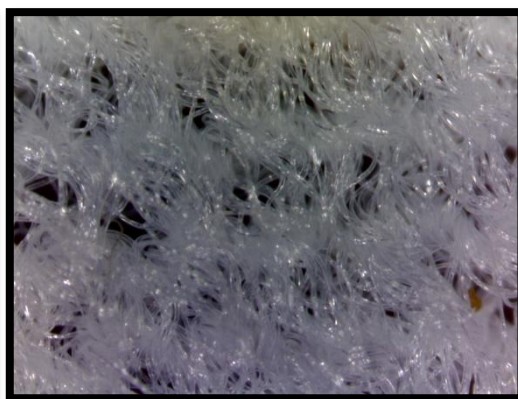
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 54: Vzorek č. 3, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 200 bits/ms



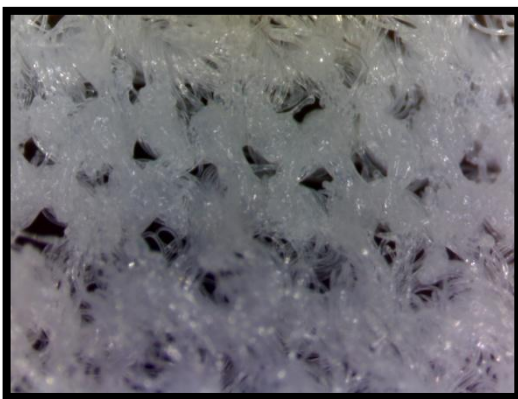
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 55: Vzorek č. 3, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 50 bits/ms



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 56: Vzorek č. 4, jednovrstvý úplet



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 57: Vzorek č. 5, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 200 bits/ms



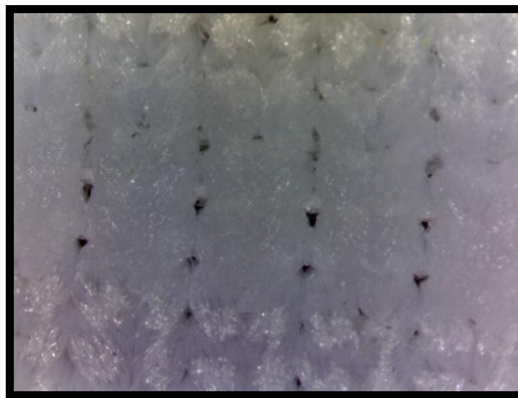
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 58: Vzorek č. 5, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 140 bits/m



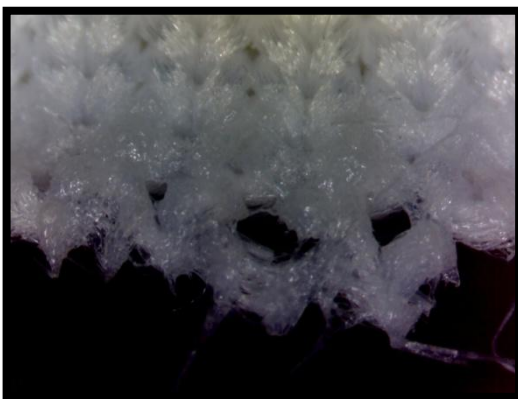
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 59: Vzorek č. 5, jednovrstvý úplet



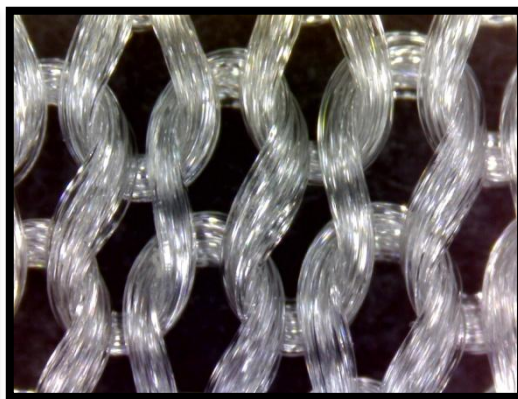
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 60: Vzorek č. 5, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 200 bits/ms



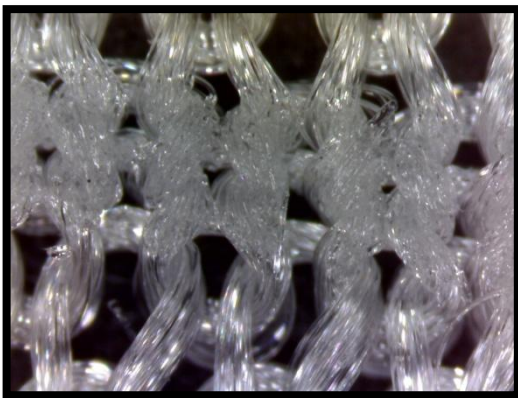
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 61: Vzorek č. 5, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 100 bits/ms



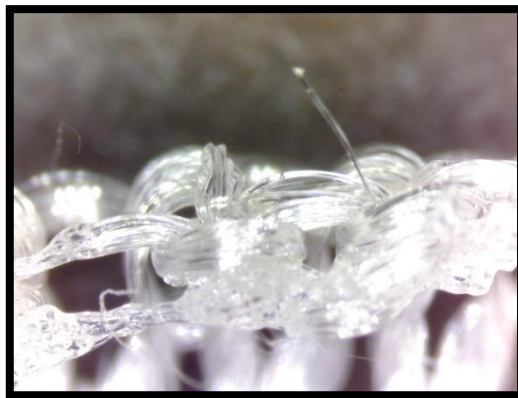
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 62: Vzorek č. 6, jednovrstvý úplet



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 63: Vzorek č. 6, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 200 bits/ms



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 64: Vzorek č. 6, jednovrstvý úplet, při rychlosti značení 80 bits/ms

3.4 Hodnocení porozity vytvořených textilních vzorků

3.4.1 Postup práce na laseru CO_2 150 FLEXI MARCATEX LASAR SYSTEM

Nejprve jsem si vytvořila čáru, jako předlohu pro nařezávání textilních vzorku, která měřila šest centimetrů. Dále jsem si určila parametry, které budu používat pro řezání laserovým paprskem. Ve složce Vector jsem měnila používanou rychlost značení laserovým paprskem. Měnila jsem tedy Mark speed [bits/ms] od 200 bits/ms, což mi značilo nejnižší intenzitu laserového paprsku, až do 10 bits/ms a to mi odpovídalo největší intenzitě laseru.

Nejprve jsem označila danou vytvořenou čáru pro mou práci na laseru 150 Flexi Marcatex laser systema, pak jsem si zvolila požadovanou intenzitu laserového paprsku. Potvrdila jsem zvolenou konfiguraci stlačením ikony Apply a posléze jsem opět označila požadovanou čáru o rozměru šesti centimetrů, najela jsem myší na ikonku, která mi označovala start. Dále jsem označila ikonu s názvem Mark one, která provedla požadované ozáření textilního materiálu.

Specifikace parametrů rychlosti značení v jednotkách [bits/ms]. Používaná rychlost značení 200 bits/ms znamená větší rychlost proudění laserového impulsu a tudíž dochází k menšímu poškození zkoušeného textilního vzorku. Naopak u rychlosti značení např. 10 bits/ms je proudění laserového impulsu pomalejší a tak dochází k proříznutí textilního materiálu laserem.

Technické údaje leseru 150 Flexi Marcatex laser system, jsou:

- Maximální průměr svazku laserových paprsků v hlavě skeneru: 20 milimetrů.
- Posuv svazku paprsků: 25,75 mm
- Rychlost značení: 50 < Z. rychlosti > 200 bitů/ms
- Rychlost přechodu: 100 < P. rychlosti > 5000 bitů/ms

Parametry elektroniky:

- Laserová elektronika: Zatavená dutina, buzená vysokou frekvencí, chlazená difúzí, vrstvomý laser s kysličníkem uhličitým
- Kmitočet buzení: 81 MHz
- Životnost elektroniky: > 10,000h plynulého provozu
- Výkon: 100W
- Rozsah výkonu: 5 - 100 W
- Maximální výkon: 60 - 230 W
- Stabilita výkonu: 7%

- Kmitočet impulsů: až do 10 KHz
- Energie impulsů: 5 - 230 mJ
- Čas aktivace/deaktivace impulsů: < 45 μ s
- Vnější rozměry (mm): 791,0 (D) * 170,7 (Š) * 223,6 (V)
- Hmotnost: 32,0 kg



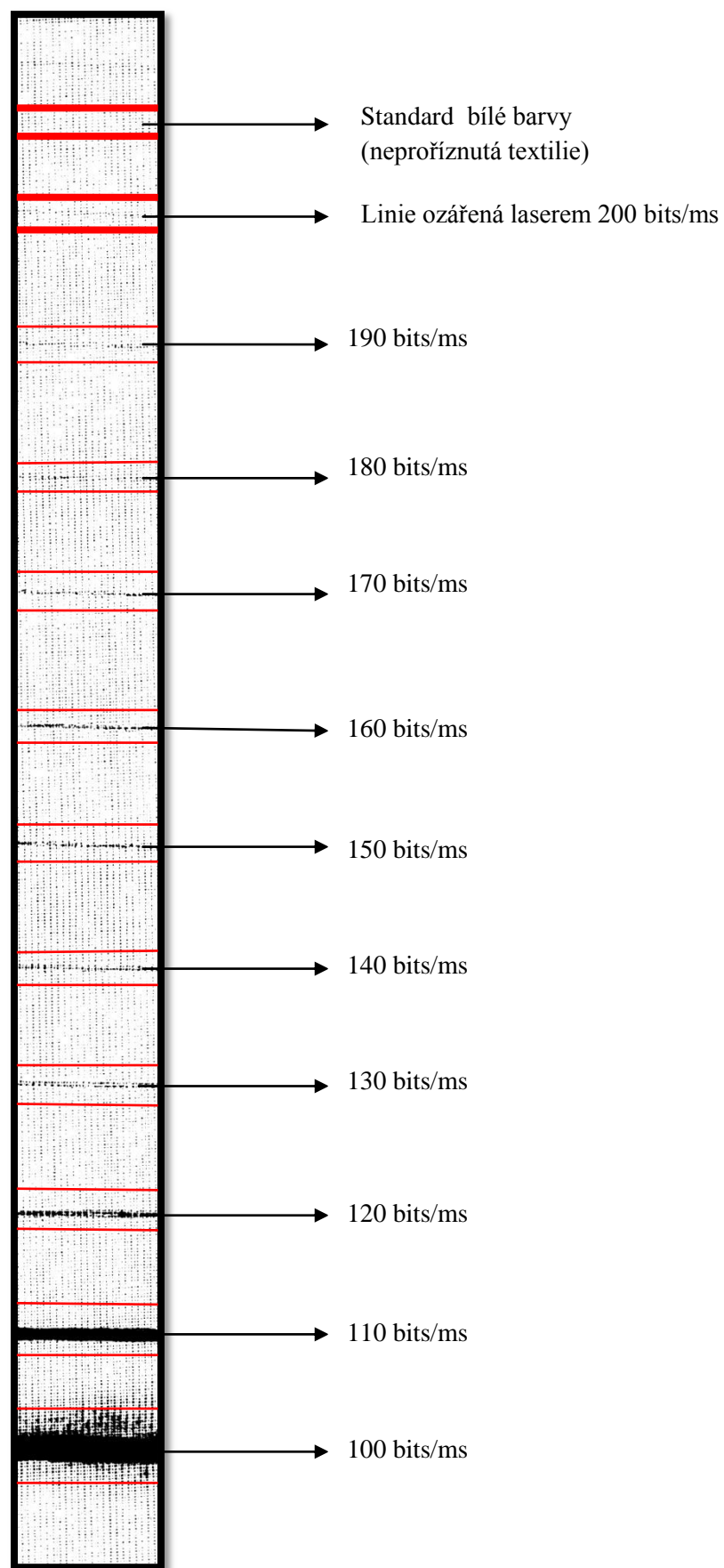
Obr. 65: Laseru CO_2 150 Flexi MarcateX laser system

3.4.2 Úprava vzorků laserem

Nejprve jsem vybrala syntetické materiály polyamid a polyester, které byly vhodné pro dělení pomocí laseru. Pro další zpracování jsem používala jejich odborné zkratky PAD a PES. Vytvořila jsem požadované zkušební vzorky textilie, na které se posléze nechalo působit laserovým paprskem. K práci byl použit laser s názvem 150 Flexi marcatex laser system. Na všech těchto textilních vzorcích bylo zkoumáno při jaké frekvenci [bits/ms] dojde k proříznutí v ozařované oblasti a procentuální zastoupení porézních, neporézních míst (viz obr. 65).

Po vytvoření finálních vzorků vhodných pro přepočet dat za pomoci již zmiňovaného laseru, byly vzorky naskenovány podložením černého papíru, který slouží jako stoprocentní standard černé barvy, aby bylo dosaženo zvýraznění zkoumané ozařované oblasti pro další přepočet. Vystoupí nám do popředí příze, které nebyly v dané frekvenci [bits/ms] proříznuty. Může tak být zjištěno, jaké je procentuální zastoupení neproříznutých a proříznutých přízí o konkrétních rychlostech značení, než dojde ke stoprocentnímu proříznutí v daných oblastech textilie. Aby mohly být tyto hodnoty zjištěny, bylo zapotřebí si textilní vzorky naskenovat. Při velikosti 1200 dpi se obrázek jevil jako nejvhodnější k dalšímu zpracování. Abych mohla určit, kdy došlo k celkovému proříznutí na konkrétních textiliích, musely se naskenované obrázky textilií převést do číselné podoby přes použitý program Image J 1.40g.

Program Image J 1.40g umožnil procentuální přepočet v ozařovaných oblastech. Zjištění zastoupení proříznutých či neproříznutých míst o různých intenzitách v textilních vzorcích. Tudiž k určení porézních, nebo neporézních hodnot, při určité rychlosti značení [bits/ms].



Obr. 66: Tkanina č. 3

Postup práce v programu Image J 1.40g. Nejprve jsem si v tomto programu otevřela konkrétní obrázek naskenované textilie. Obrázek textilie jsem zvětšila na požadovanou velikost, se kterou se nejlépe manipulovalo. Posléze jsem v daném řezu textilie proložila ozařovanou linií přímkou a přes přepočítání Analyse, Plot profile, List se vypočetly potřebné hodnoty, které jsem si uložila, abych s nimi mohla nadále pracovat. Hodnoty odpovídají zastoupení černých a bílých míst v daném řezu textilie, resp. určení porézních či neporézních míst v ozařované oblasti textilie. Aby bylo možné s těmito zjištěnými hodnotami pracovat, musel být vytvořen konkrétní vzorec v programu Microsoft office Excel.

$$p = 100 * \frac{b}{l}, \quad p \dots \text{hodnota porozity před normalizací} \quad (32)$$

bpočet porézních pixelů

lcelkový počet pixelů

Vzorec slouží k určení porozity, dané v procentuálním zastoupení. Tyto zjištěné hodnoty uvedu ke konkrétní rychlosti značení [bits/ms]. Veškeré tabulky nalezneme v příloze (viz tab. Příloha E 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49) (viz tab. Příloha F 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61). Takto postupuji se všemi liniemi řezu na všech zkoumaných textilních vzorcích. Vytvořím z těchto vypočtených hodnot graf, kde sleduji zastoupení porézních či neporézních míst ve vzorku textilie při zohlednění určeného standardu textilie. Na skener měla vliv odrazivost černé podložky, která sloužila jako standard černé barvy, tudíž nevycházely správné hodnoty a celý obsah grafu se musel znormalizovat. Standard bílé barvy je označován jako bílá barva textilního materiálu. Zjištěná data, která vycházela ze vzorce v programu Microsoft office Excel (viz vzorec 32), nevycházela u konkrétních hodnot jako stoprocentní černá barva při celkovém prořiznutí textilie v linii řezu.

Proto musel být vytvořen další vzorec pro přepočítání porézních a neporézních míst v textiliích v procentuálním zastoupení. Výpočetní vzorec byl taktéž vytvořen v programu Microsoft office Excel (viz vzorec 33), který dané chyby zohlednil. Dosáhlo se tak, k výpočtu správných hodnot při celkovém prořiznutí materiálu v ozařované oblasti.

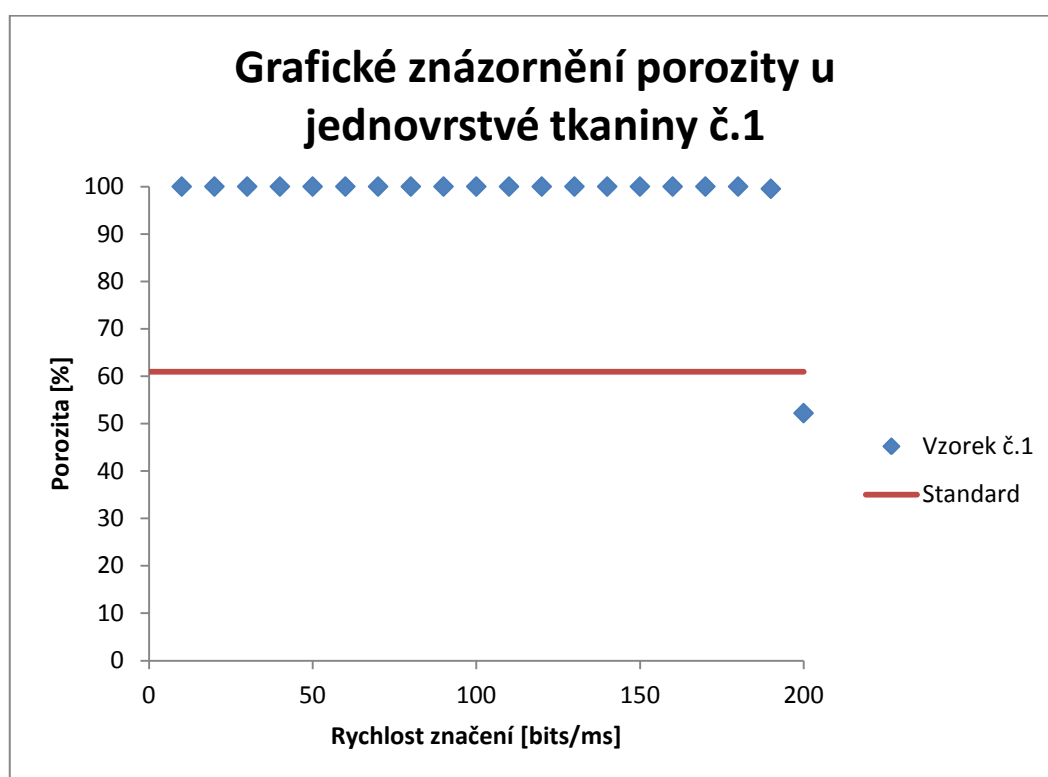
$$P = p * 100 / \max(p_p), \quad P \dots \text{normalizovaná porozita} \quad (33)$$

phodnota porozity před normalizací

p_pporozita, která odpovídá sto procentům

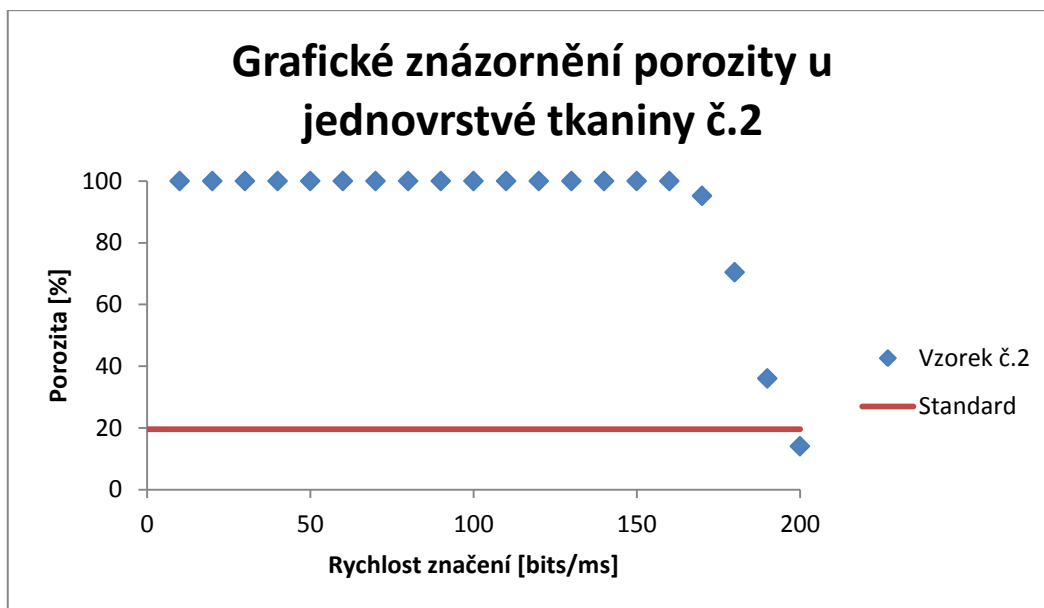
Pro zohlednění musel být také znormalizován standard bílé barvy, který nám slouží jako základní hodnota. Z těchto dosažených hodnot mohu sestavit grafy (viz obr. 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 72, 83, 84, 85, 86, 87, 88), ze všech zkoumaných textilních vzorků, kde jsou zastoupeny rychlosti značení [bits/ms] vůči normalizované porozitě v [%] zkoumaných textiliích. Z těchto výsledných hodnot, byla určena intenzita laseru [bits/ms], ve které byl materiál poprvé proříznut v linii řezu v ozařované oblasti. Tyto rychlosti značení byly popsány ke každému zkoušenému vzorku textilie. Celkový postup práce byl prováděn na jednovrstvých a dvouvrtvých zkoumaných vzorcích textilie. Vrstvily se na sebe dva stejné materiály téhož druhu.

Grafické znázornění porozity u jednovrstvých tkanin



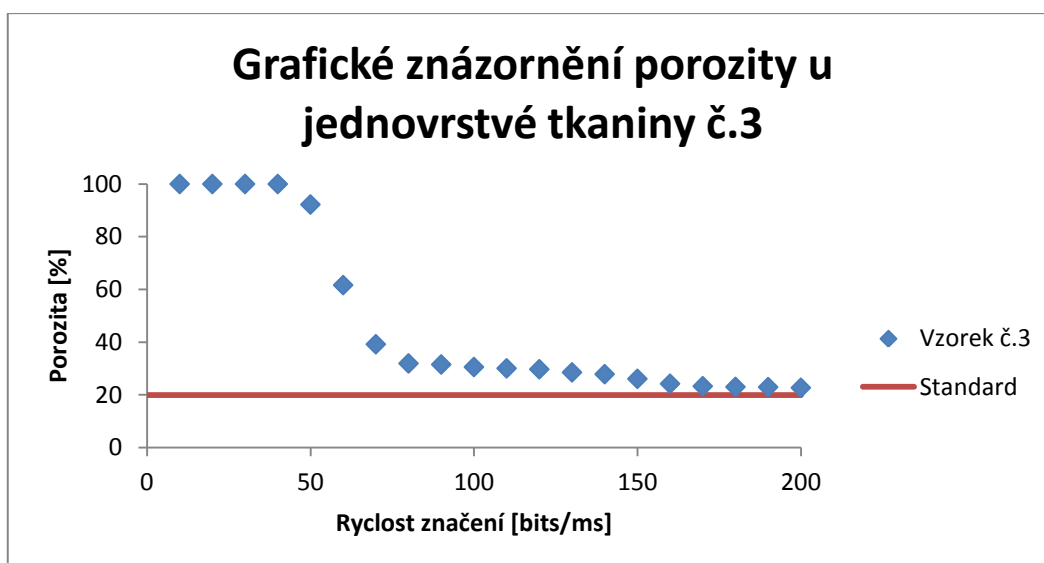
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 67: Grafické znázornění porozity u jednovrstvé tkaniny č. 1



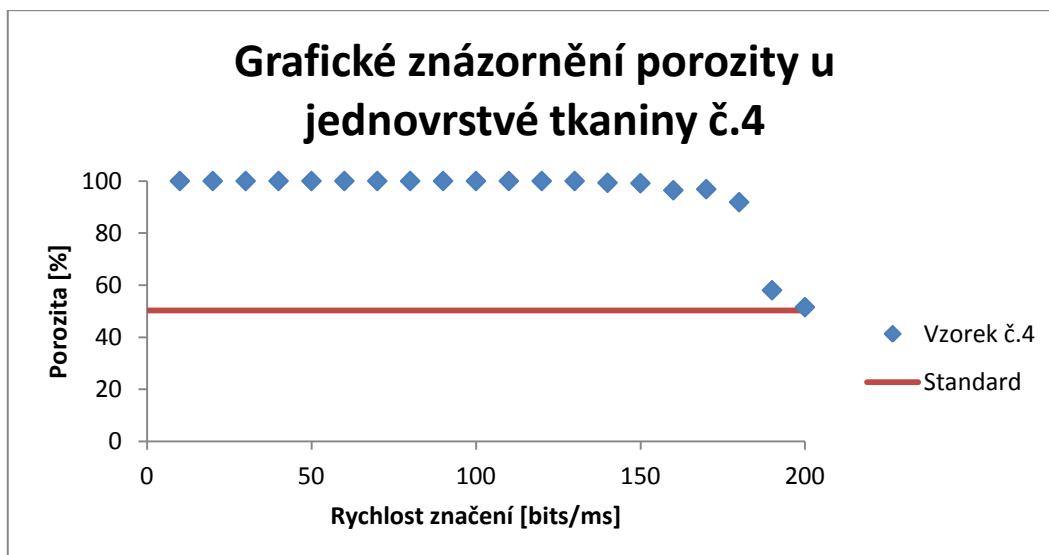
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 68: Grafické znázornění porozity u jednovrstvé tkaniny č. 2



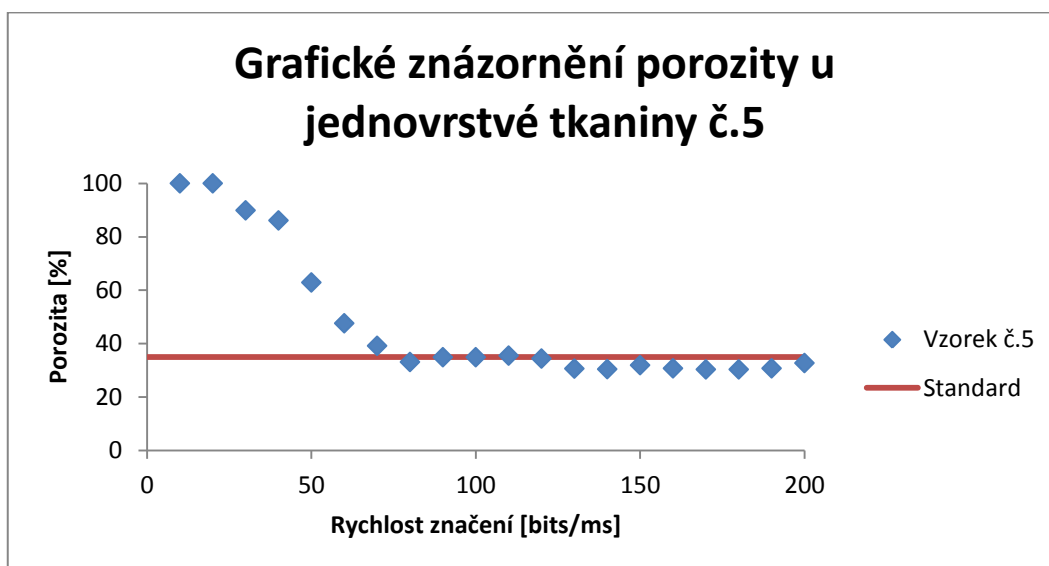
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 69: Grafické znázornění porozity u jednovrstvé tkaniny č. 3



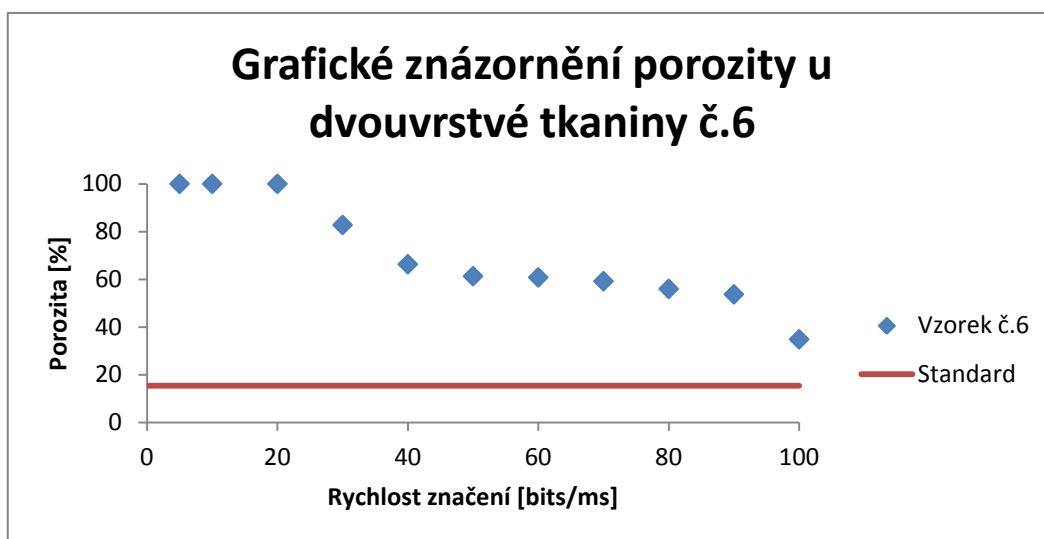
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 70: Grafické znázornění porozity u jednovrstvé tkaniny č. 4



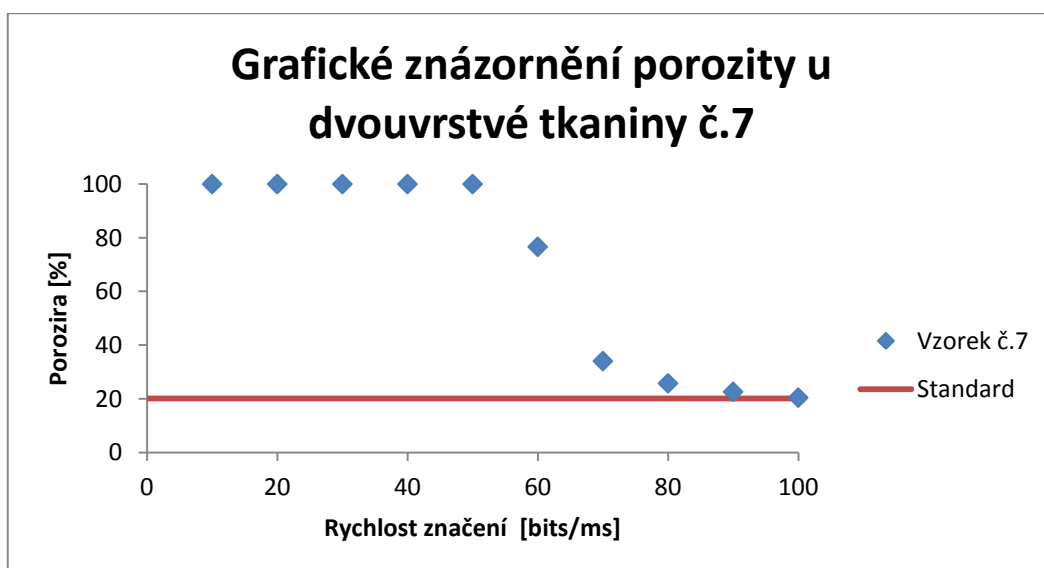
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 71: Grafické znázornění porozity u jednovrstvé tkaniny č. 5



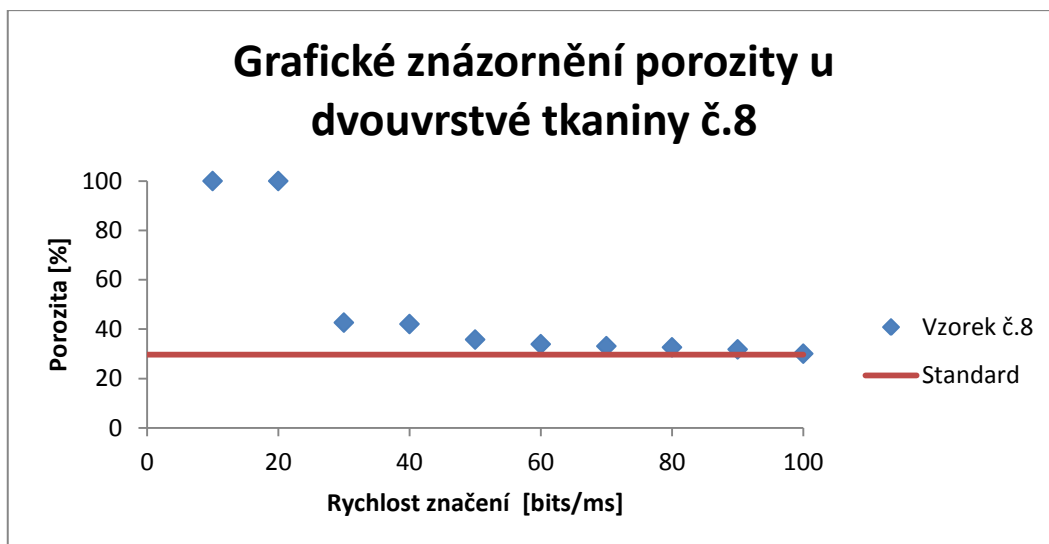
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 72: Grafické znázornění porozity dvouvrstvé tkaniny č. 6



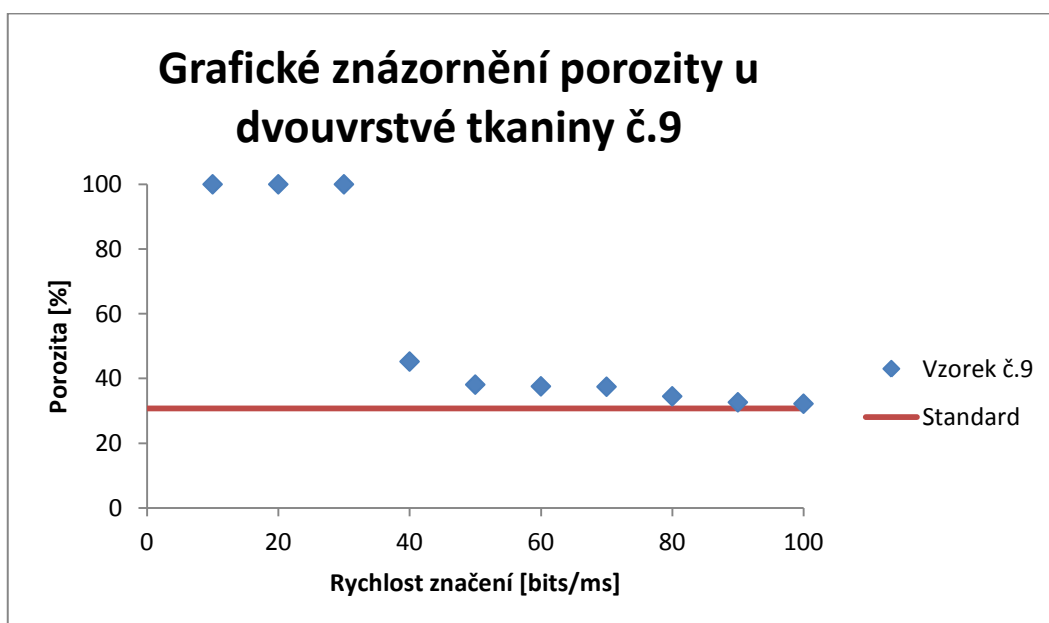
Zdroj: vlastní zpracování

Obr.73: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvé tkaniny č. 7



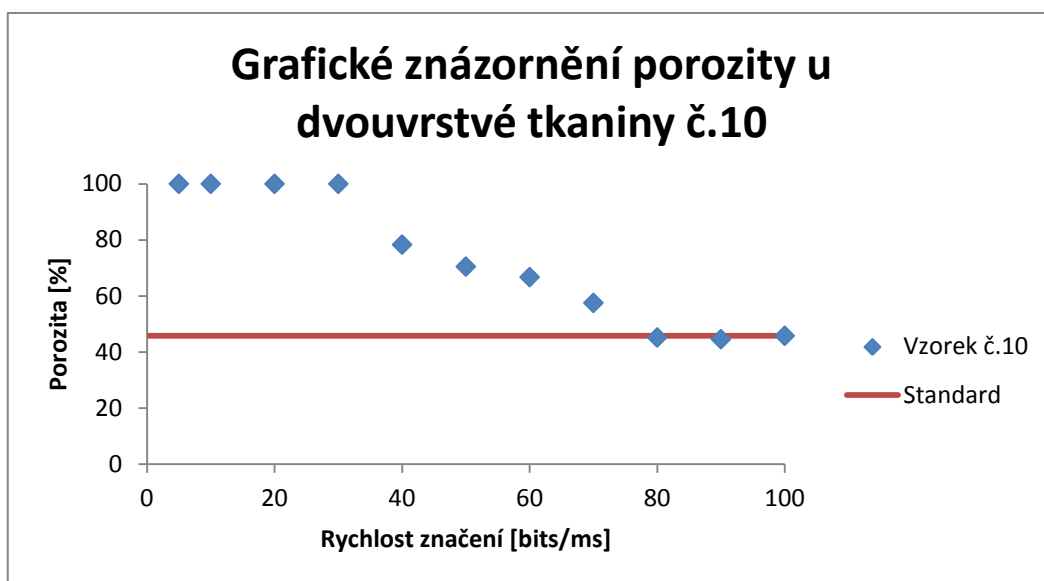
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 74: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvé tkaniny č. 8



Zdroj: vlastní zpracování

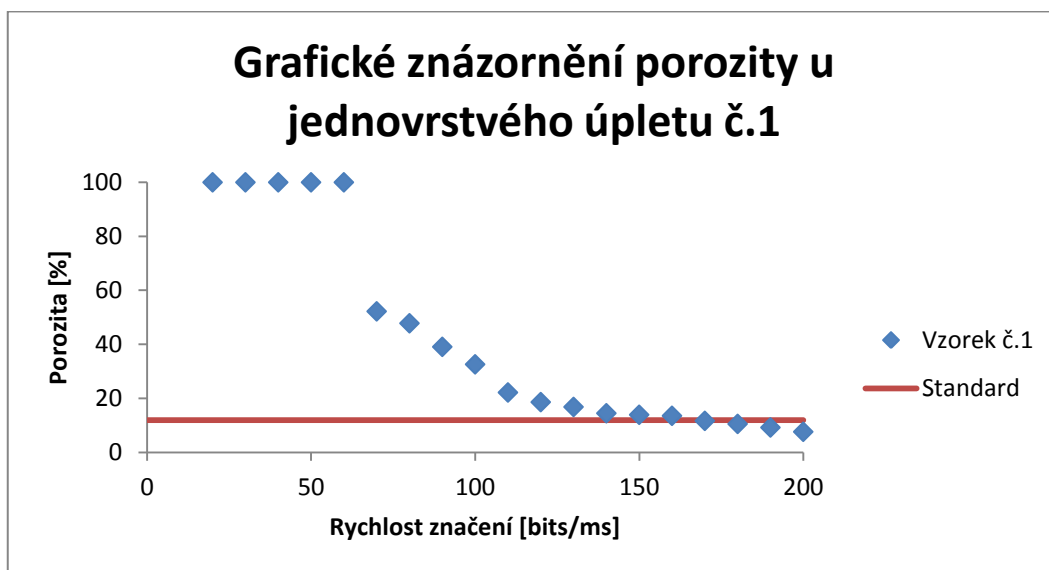
Obr.75: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvé tkaniny č. 9



Zdroj: vlastní zpracování

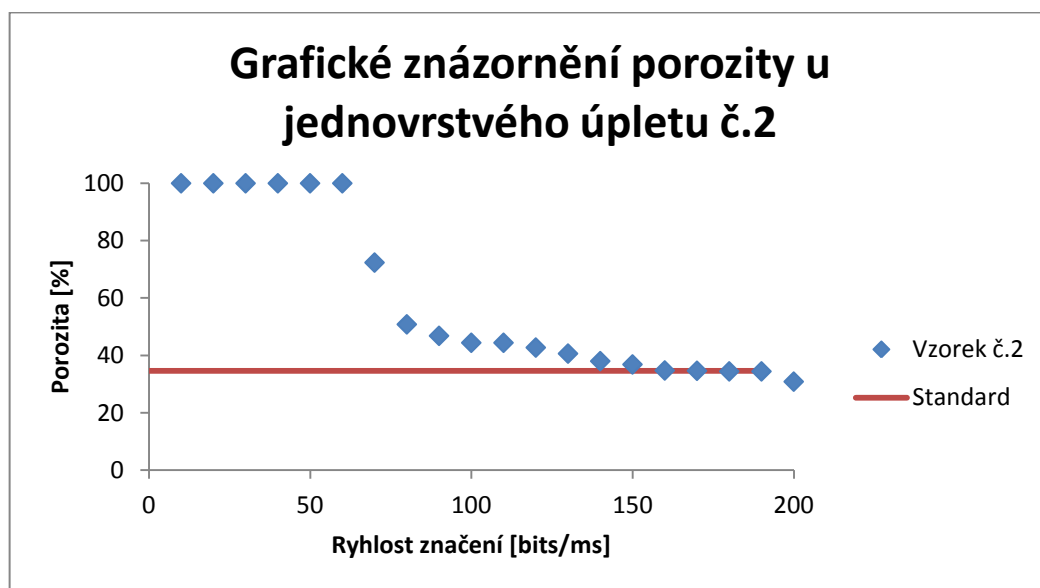
Obr. 76: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvé tkaniny č. 10

Grafické znázornění porozity u jednovrstvých úpletů



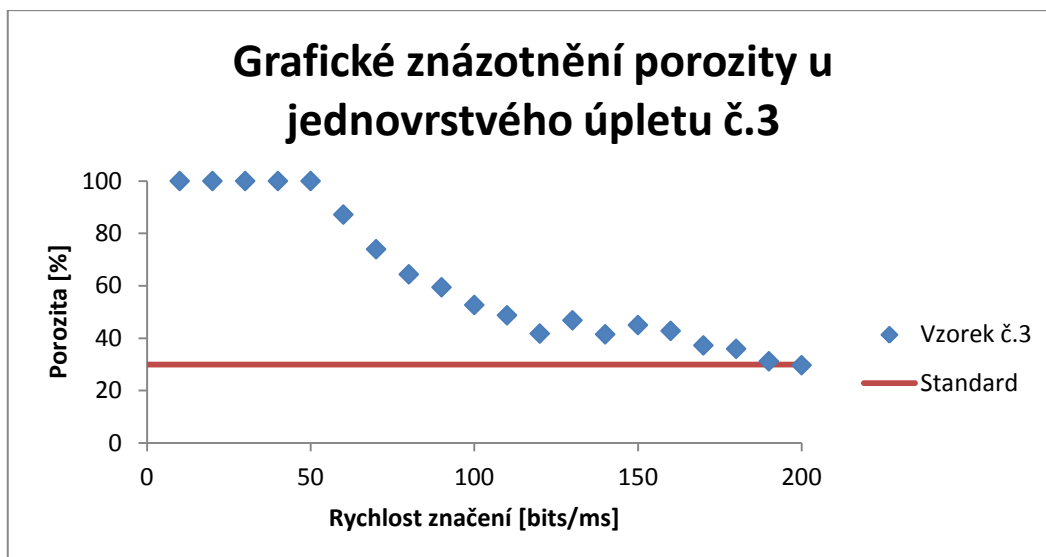
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 77: Grafické znázornění porozity u jednovrstvého úpletu č. 1



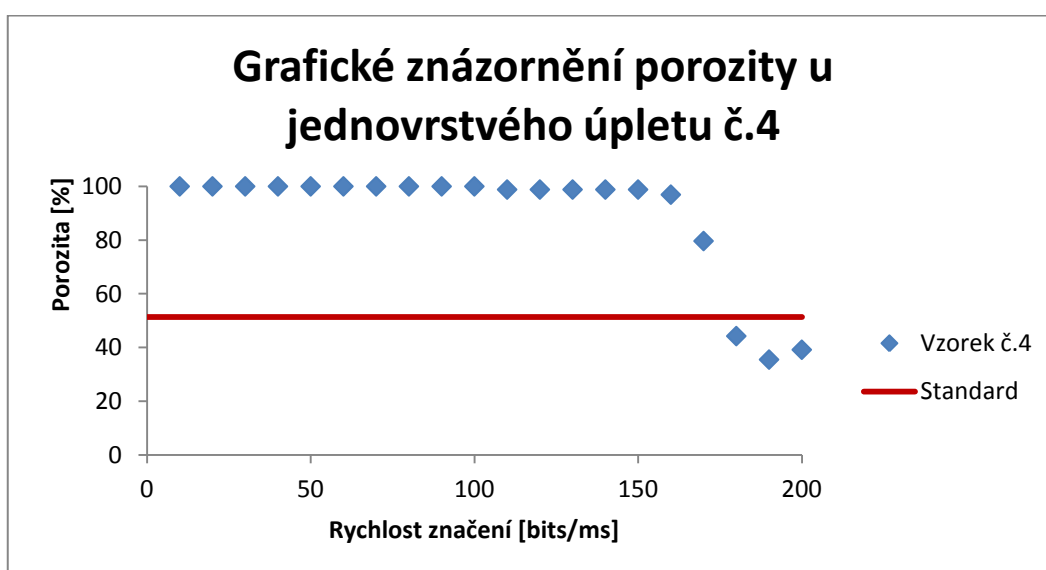
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 78: Grafické znázornění porozity u jednovrstvého úpletu č. 2



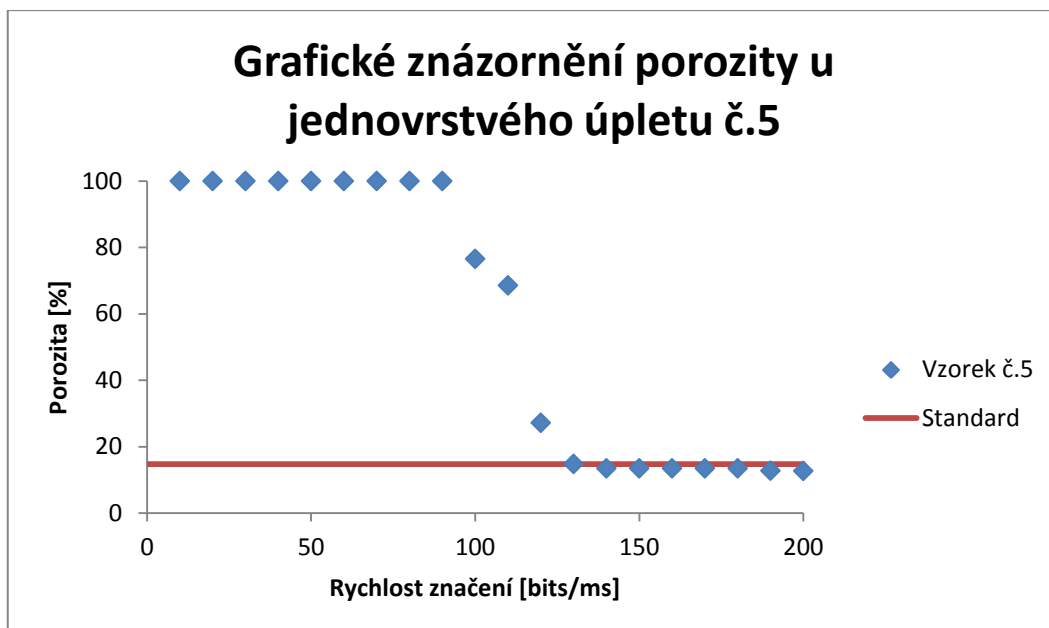
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 79: Grafické znázornění porozity u jednovrstvého úpletu č. 3



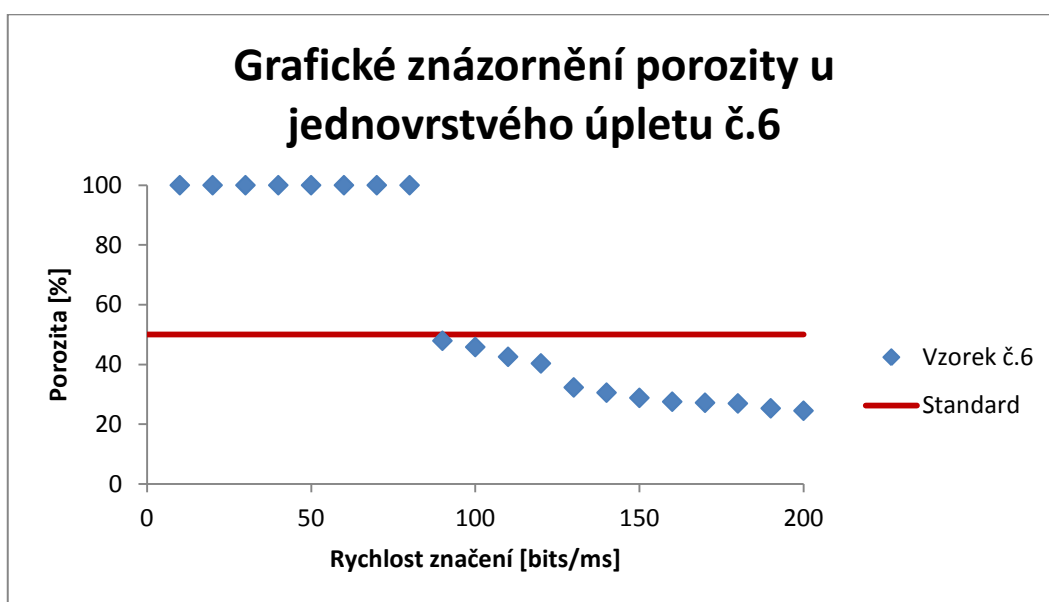
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 80: Grafické znázornění porozity u jednovrstvého úpletu č. 4



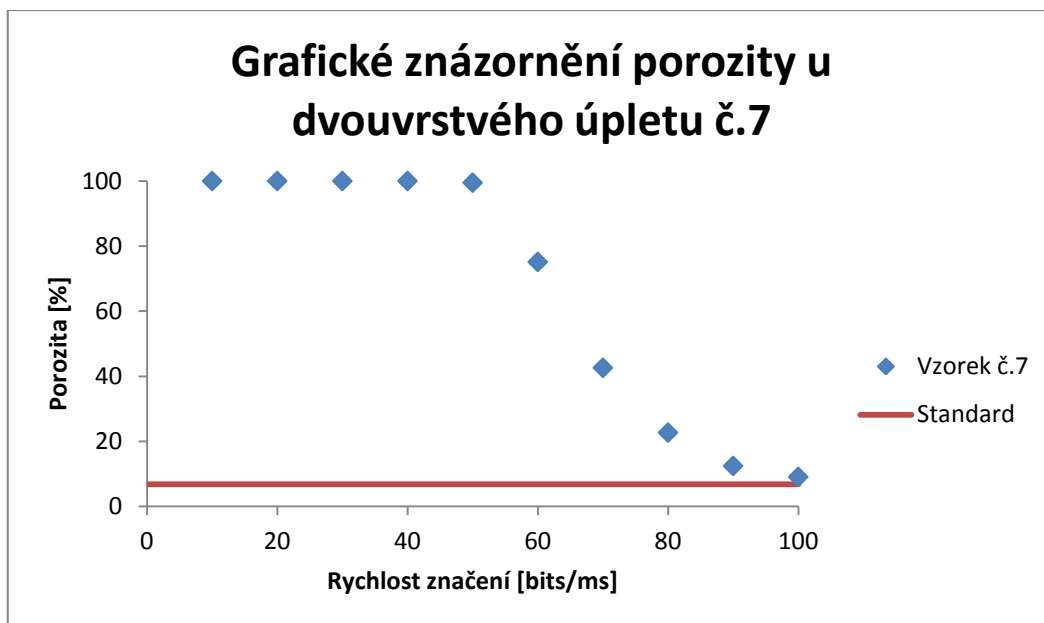
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 81: Grafické znázornění porozity u jednovrstvého úpletu č. 5



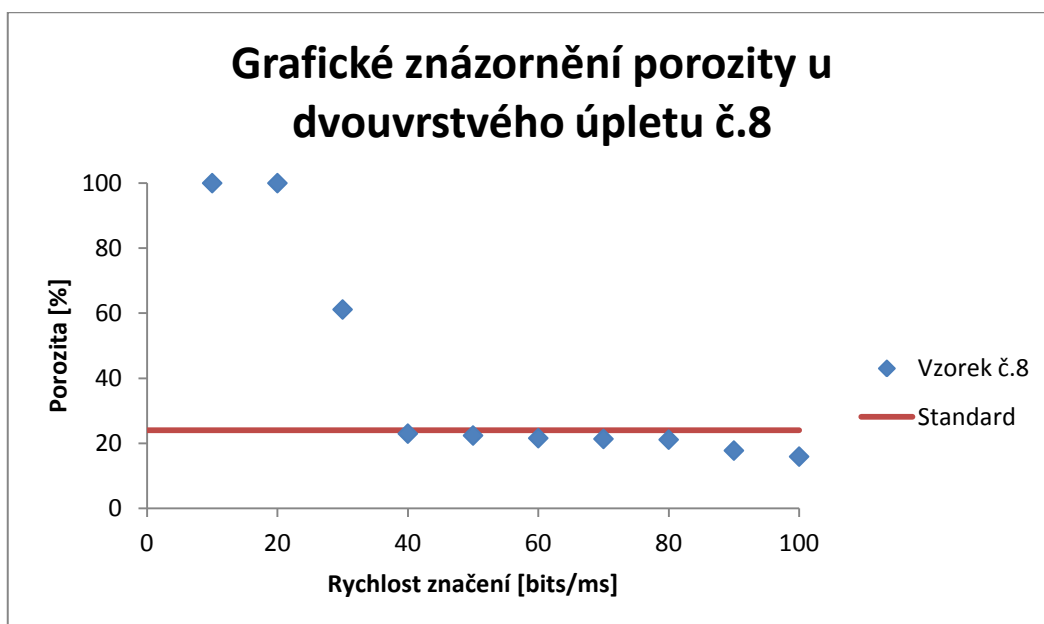
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 82: Grafické znázornění porozity u jednovrstvého úpletu č. 6



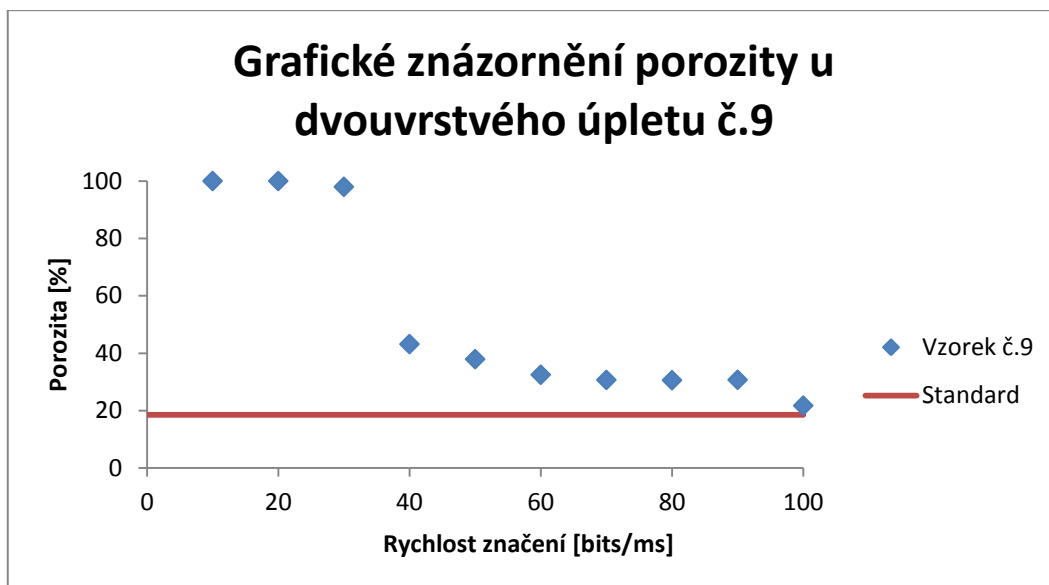
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 83: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvého úpletu č. 7



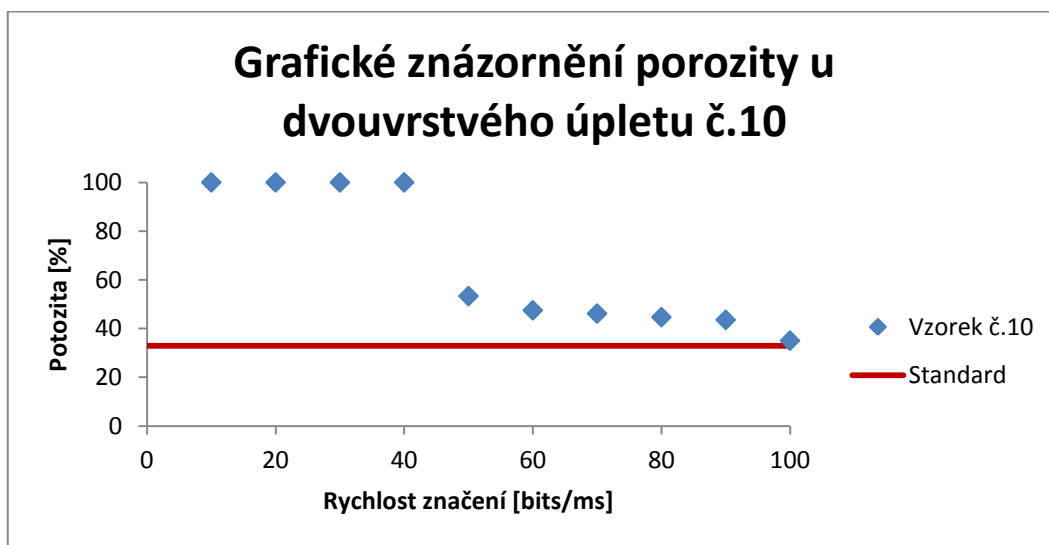
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 84: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvého úpletu č. 8



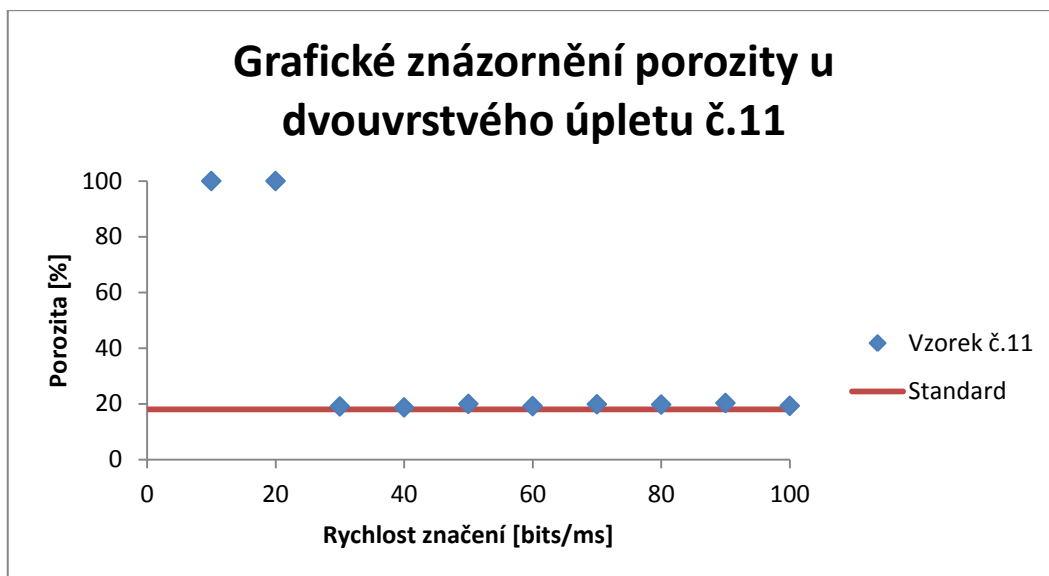
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 85: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvého úpletu č. 9



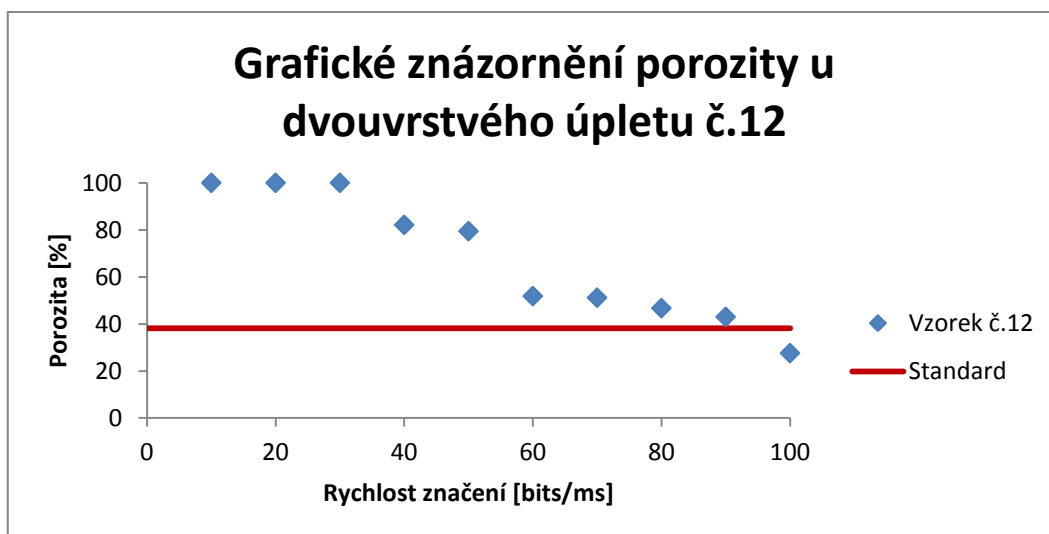
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 86: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvého úpletu č. 10



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 87: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvého úpletu č. 11



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 88: Grafické znázornění porozity u dvouvrstvého úpletu č. 12

3.5 Výsledné zhodnocení pro tkaniny a úplety

3.5.1 Výsledné zhodnocení pro tkaniny (viz kapitola 3.4.2)

Z grafu č. 1 pro jednovrstvou tkaninu nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je 190 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Tkanina je velice jemná a proto nám dochází k celkovému proříznutí textilie již při této mezní intenzitě.

Z grafu č. 2 pro jednovrstvou tkaninu nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je také 190 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Můžeme si povšimnout, že vzorek č. 2 má lineární tendenci při prořezávání laserem, oproti skokové tendenci u vzorku č. 1.

Z grafu č. 3 pro jednovrstvou tkaninu nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je přibližně 200 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Všimneme si, že vzorek č. 3 má lineární charakter při proříznutí ve vyšších intenzitách. Posléze dochází ke skokovému stoprocentnímu proříznutí textilního vzorku, okolo hodnot 80 a 70 bits/ms.

Z grafu č. 4 pro jednovrstvou tkaninu nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je 190 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Vzorek č. 4 je tkán z jemného syntetického materiálu a proto se nám prořízl již při této intenzitě laseru.

Z grafu č. 5 pro jednovrstvou tkaninu nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je 70 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Všimneme si, že vzorek č. 5 je tkán v husté dostavě, proto nám dochází k prvotnímu proříznutí až při zmiňované intenzitě laseru. Můžeme si povšimnout lineárního charakteru při prořezávání v nízkých hodnotách.

Z grafu č. 6 pro dvouvrstvou tkaninu nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je při 100 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Zkoumaný textilní vzorek je velmi jemný a proto nám dochází k proříznutí obou vrstev již při této intenzitě laseru.

Z grafu č. 7 pro dvouvrstvou tkaninu nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je přibližně 90 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Zkoumaný vzorek je již skoro při této intenzitě proříznutý. Povšimneme si, že dochází ke skokovému charakteru při prořezávání v oblastech okolo 70 a 60 bits/ms. Posléze se nám vzorek jeví jako stoprocentně proříznutý.

Z grafu č. 8 pro dvouvrstvou tkaninu nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je přibližně při 90 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Všimneme si, že vzorek č. 8 se nám jeví jako stoprocentně proříznutý v oblastech 20 a 10 bits/ms.

Z grafu č. 9 pro dvouvrstvou tkaninu nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je také přibližně v 90 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Povšimneme si, že dochází k lineárnímu charakteru při prořezávání ve vyšších oblastech, naopak v nižších oblastech se nám zkoumaný vzorek jeví jako stoprocentně proříznutý.

Z grafu č. 10 pro dvouvrstvou tkaninu nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je 70 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Můžeme si povšimnout, že vzorek č. 10 má lineární charakter při prořezávání laserem.

3.5.2 Výsledné zhodnocení pro úplety (viz kapitola 3.4.2)

Z grafu č. 1 pro jednovrstvý úplet nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je 160bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Všimneme si, že dochází ke skokovému charakteru v oblasti 60 a 50 bits/ms. V oblast 40 bits/ms se nám jeví vzorek č. 1 jako stoprocentně proříznutý.

Z grafu č. 2 pro jednovrstvý úplet nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je 150bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Vzorek č. 2 má lineární charakter při vyšších hodnotách při prořezávání laserem. V oblasti okolo 80 bits/ms nám dochází k výraznější změně v oblasti proříznutí textilním materiálem.

Z grafu č. 3 pro jednovrstvý úplet nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je 180 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Vzorek č. 3 má podobu lineárního charakteru při proříznutí laserem.

Z grafu č. 4 pro jednovrstvý úplet nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je 170 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Všimneme si, že materiál vzorku č. 4 je velice jemný a proto nám dochází k proříznutí textilie již při této intenzitě laseru.

Z grafu č. 5 pro jednovrstvý úplet nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je 120 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Můžeme si povšimnout, že dochází ke skokovému charakteru při prořezávání v oblastech okolo 120, 110, 100 a 90 bits/ms. Při proříznutí rychlosti značení 80 bits/ms se nám jeví textilie jako stoprocentně proříznutá.

Z grafu č. 6 pro dvouvrstvé úplet nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je 30 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Všimneme si, že dochází ke skokové tendenci při rychlosti značení 30 bits/ms, posléze se nám jeví textilní materiál jako stoprocentně proříznutý. U vzorku č. 6 si můžeme všimnout, že dochází ke svaření řezu a proto se nám zkoumaný vzorek prořízne, až při zmiňované intenzitě laseru. Tato vlastnost vzorku je velice zajímavá. Žádný jiný vzorek, jak u úpletu, tak u tkanin se nám takto nechová.

Z grafu č. 7 pro jednovrstvý úplet nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je 80 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Všimneme si, že vzorek č. 7 má poměrně lineární charakter při prořezávání laserem.

Z grafu č. 8 pro dvouvrstvé úplet nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je 90 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Všimneme si, že charakter řezu laserem je poměrně lineární. V oblastech 50, 40, 30, 20, 10 bits/ms se nám jeví textilní vzorek jako stoprocentně proříznutý.

Z grafu č. 9 pro dvouvrstvý úplet nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je 100 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu z důvodu jemnosti textilního materiálu.

Z grafu č. 10 pro dvouvrstvý úplet nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je 90 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Vzorek č. 10 má lineární charakter v oblasti vyšších hodnot při řezání laserem, naopak v oblasti 50 bits/ms dochází ke skokovému charakteru. V intenzitě 40 bits/ms se nám jeví materiál jako stoprocentně proříznutý.

Z grafu č. 11 pro dvouvrstvý úplet nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je 20 bits/ms. V této oblasti dochází ke stoprocentnímu proříznutí, tudíž k poréznosti zkoumaného textilního materiálu, jako u jediného dvouvrstvého úpletu.

Z grafu č. 12 pro dvouvrstvý úplet nám vyplývá, že prahová intenzita laseru je 90 bits/ms. V této oblasti dochází k poréznosti zkoumaného textilního materiálu. Všimneme si, že vzorek č. 12 má poměrně lineární charakter při prořezávání laserem.

V této kapitole jsem se věnovala zjištění, při jaké intenzitě [bits/ms] dojde k proříznutí textilního materiálu. Zjišťovala jsem porozitu, kdy dojde ke stoprocentnímu proříznutí textie.

Veškeré tyto hodnoty byly znázorněny do grafu ke každé použité intenzitě. Dále byla stanovena mezní hodnota [bits/ms], při které došlo k prvnímu proříznutí zkoušené textilie. Podrobila jsem zkouškám vzorky jednovrstvé a dvouvrstvé, jak u tkanin, tak u úpletů. Můžeme si povšimnout, že na působení laserového paprsku o určité rychlosti značení má vliv materiálové složení, hustota tkaniny a její vazba. Každý zkoušený vzorek textilie se liší mezním bodem, kdy došlo k prvnímu proříznutí.

3.6 Mechanické vlastnosti zkoumaných textilních materiálů

3.6.1 Tvorba vzorků pro trhací stroji Testometric M 350 - 5CT a připravení stroje

Nejdříve jsem si musela zkalibrovat trhací stroj Testometric M 350 - 5CT, abych mohla provést pět měření pro určení průměrných hodnot, se kterými budu nadále pracovat. Nejprve jsem si zvolila upínací délku pro vzorky tkanin a úpletů, která činila deset centimetrů. Zvolila jsem si rychlost přetržení, která byla sto milimetrů za minutu.

Pro práci na stroji Testometric M 350 - 5CT jsem vytvořila potřebné vzorky o rozměrech 20 x 5 cm pro pleteniny a vzorky 20 x 6 cm pro tkaniny. Na vytvořené vzorky nechám působit laserový paprsek o určených intenzitách [bits/ms]. Vzorky tkanin a úpletu se liší svým dezénem a materiálovým složením. Na všech textilních vzorcích zkoumám pouze ty intenzity, při kterých nedošlo k proříznutí textilie v ozařované oblasti. Vzorky se zkoumanými liniemi řezu laserem podrobím zkoušce na stroji Testometric M 350 - 5CT, který změří sílu potřebnou k přetržení poškozeného materiálu laserem. Z toho určím do jaké míry byl textilní materiál poškozen působením laserového paprsku o různých rychlostech značení. Získané hodnoty uvádím v grafech (viz obr. 89). Veškerá data obsažená v grafech říkají, při jaké použité intenzitě a potřebné síle se zkoumaný textilní materiál přetrhne. Zbývající grafy nalezneme v příloze (viz obr. Příloha G 134, až 165) (viz obr. Příloha H 166, až 215). Dále hodnotím modul pružnosti v tahu (viz obr. 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98). Pro výpočet modulu pružnosti jsem vytvořila vzorec (viz vzorec 34), který nám říká zdali je potřebná síla k přetržení lineární a jaký má charakter. Data, ze kterých byly vytvořeny výsledné moduly pružnosti nalezneme v příloze (viz tab. Příloha I 62, 63, 64, 65, 66) (viz obr. Příloha J 67, 68, 69, 70). Modul pružnosti nám říká, při jaké intenzitě dochází k určité pružnosti materiálu vzhledem k vynaložené síle a parametrům zkoumaných textilií. Standardem bílé barvy je označena neproříznutá textilie, jak u tkanin, tak u úpletu. Dále jsem vytvořila gryfy závislost pevnosti na rychlosti značení (viz obr. 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106), chtěla jsem ukázat závislosti mezi pevností materiálu, který byl ozářen různými intenzitami laseru na úkor standardní textilie, která nebyla ozářena laserem. Daty, ze kterých byly tvořeny tyto grafy jsou v příloze (viz tab. Příloha K 71, 72, 73, 74, 75) (viz obr. Příloha L 76, 77, 78, 79).

$$E = \frac{F \cdot l}{h \cdot \bar{s} \cdot \Delta l} \quad E \dots \text{modul pružnosti v tahu} \quad (34)$$

$F \dots$ síla [N]

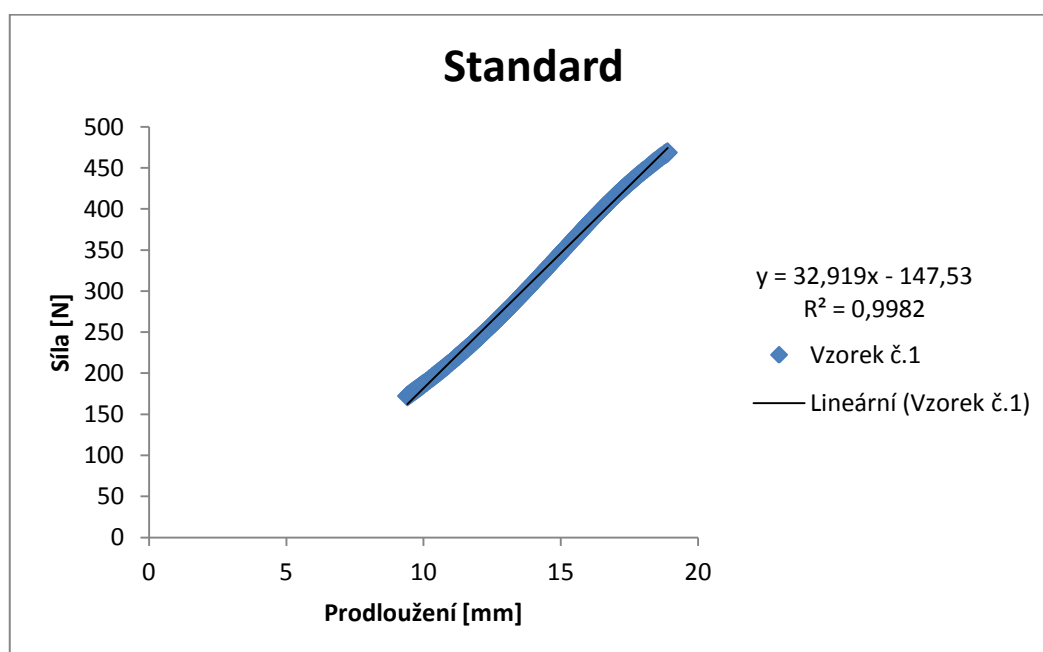
$l \dots$ délka vzorku [cm]

$h \dots$ tloušťka vzorku [cm]

$\bar{s} \dots$ šířka vzorku [mm]

$\Delta l \dots$ prodloužení vzorku [mm]

Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu u jednovrstvých tkanin

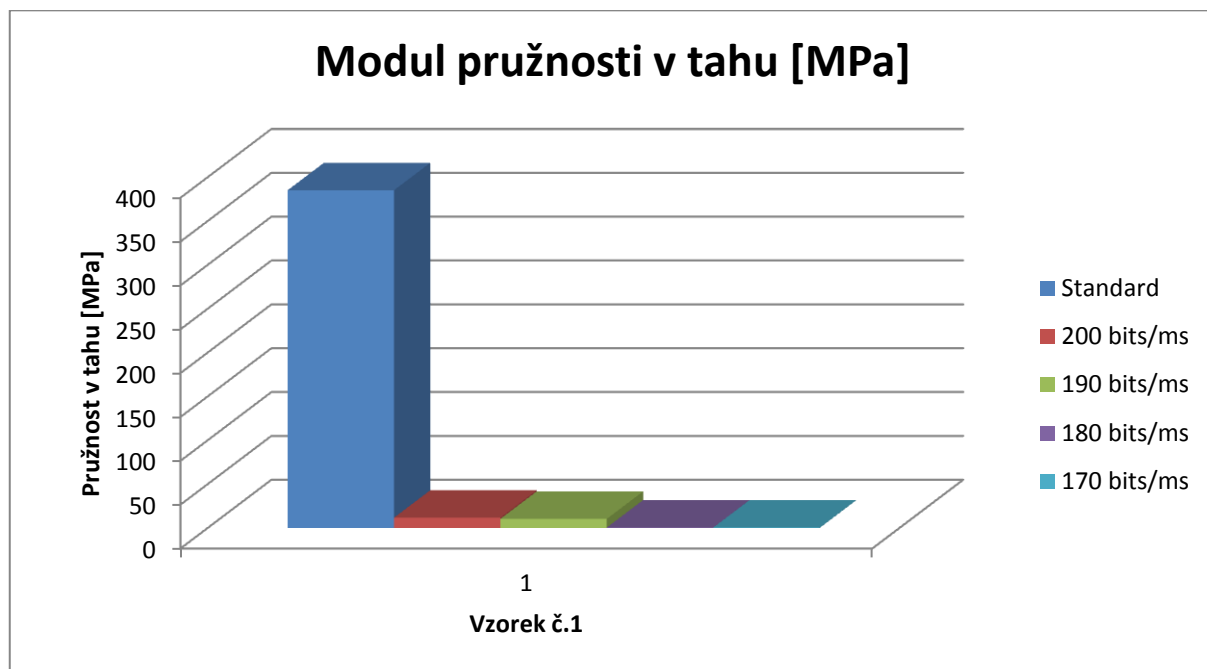


Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 89: Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu u jednovrstvého vzorku č. 1

Modul pružnosti v tahu pro tkaniny [MPa]

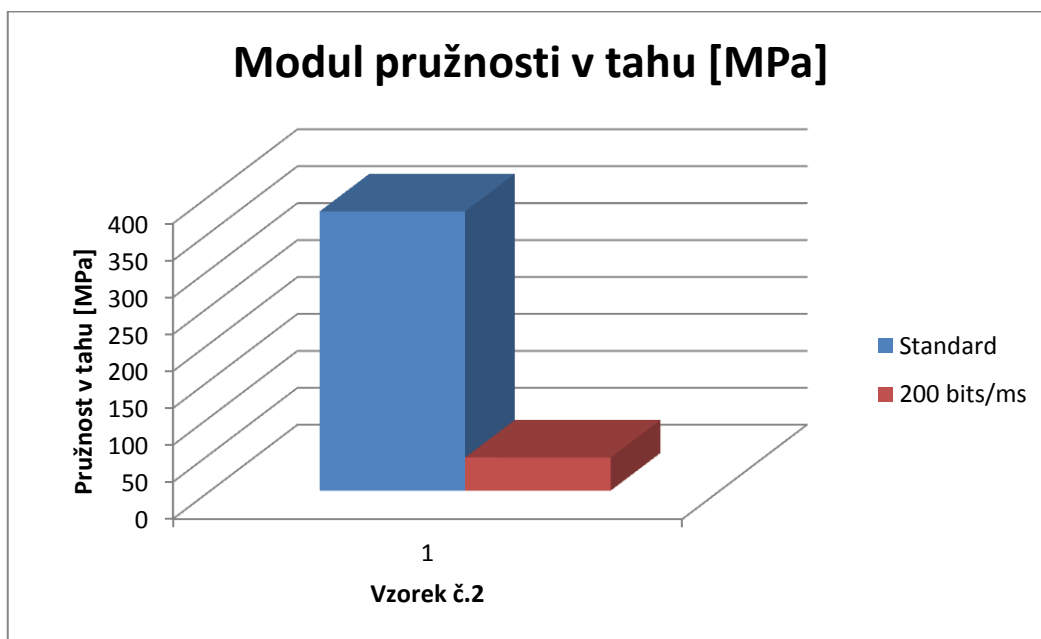
Modul pružnosti v tahu pro jednovrstvé tkaniny, vzorek č. 1 (vypočteno dle 34)



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 90: Vzorek č. 1 jednovrstvý

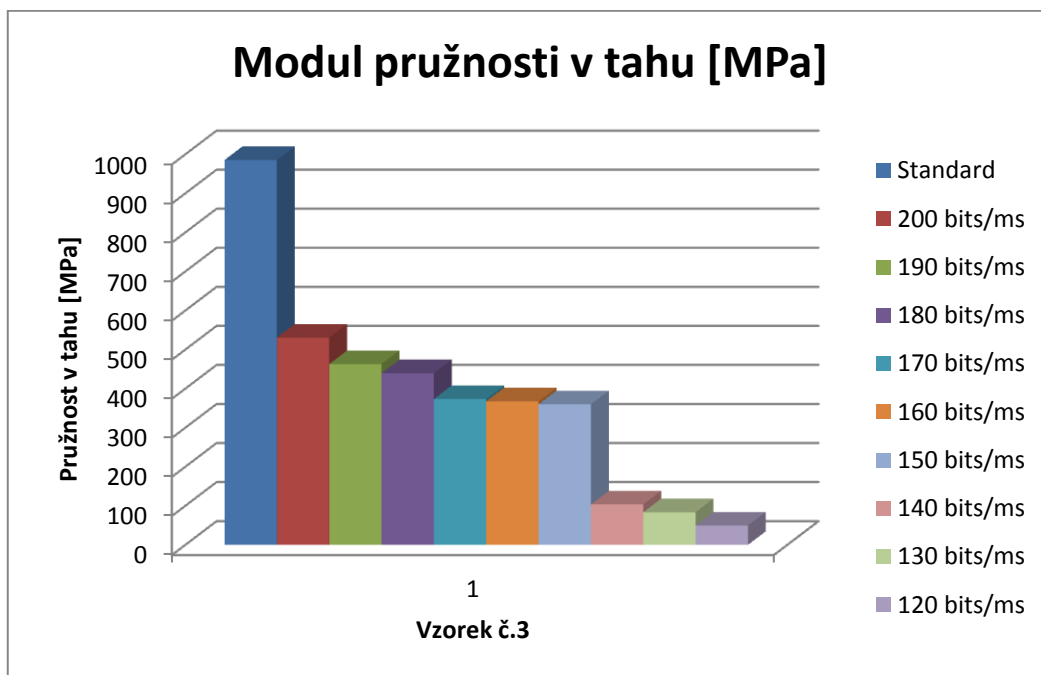
Modul pružnosti v tahu pro jednovrstvé tkaniny, vzorek č. 2 (vypočteno dle 34)



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 91: Vzorek č. 2 jednovrstvý

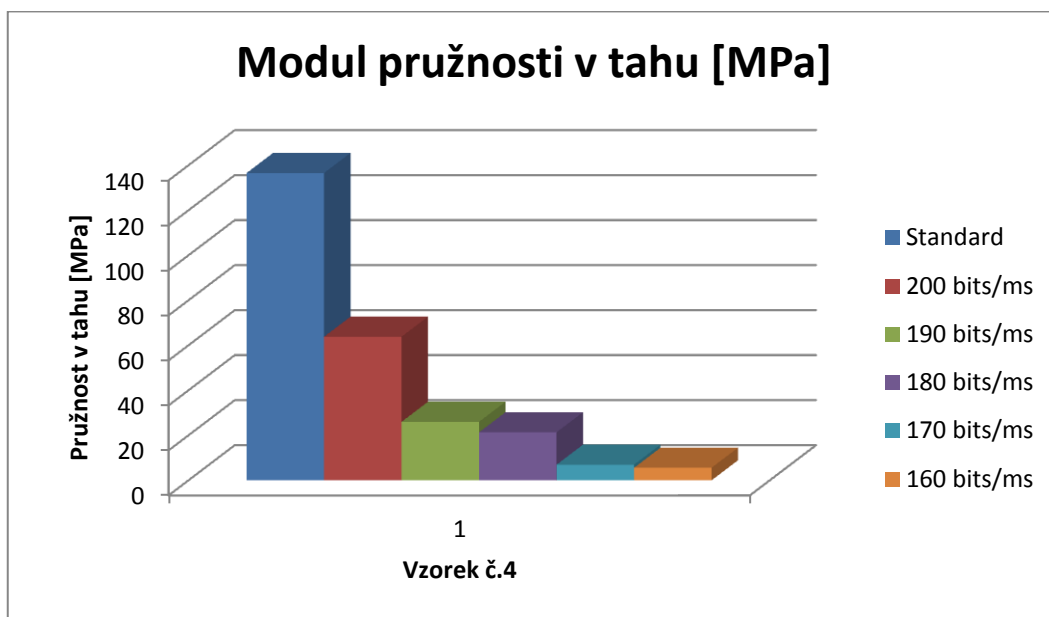
Modul pružnosti v tahu pro jednovrstvé tkaniny, vzorek č. 3 (vypočteno dle 34)



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 92: Vzorek č. 3 jednovrstvý

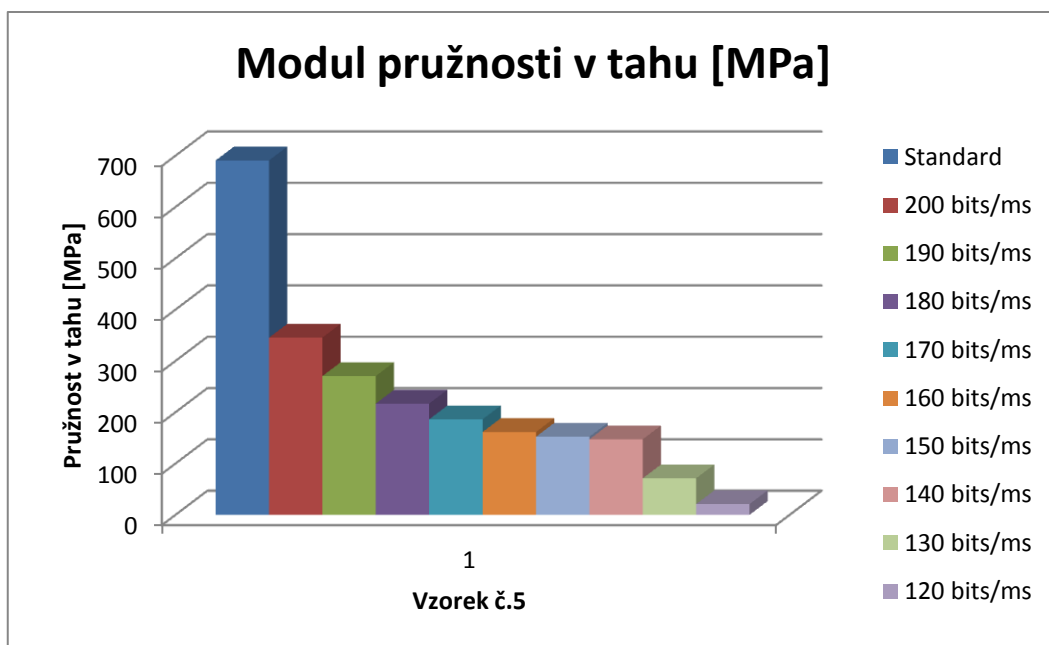
Modul pružnosti v tahu pro jednovrstvé tkaniny, vzorek č. 4 (vypočteno dle 34)



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 93: Vzorek č. 4 jednovrstvý

Modul pružnosti v tahu pro jednovrstvé tkaniny, vzorek č. 5 (vypočteno dle 34)

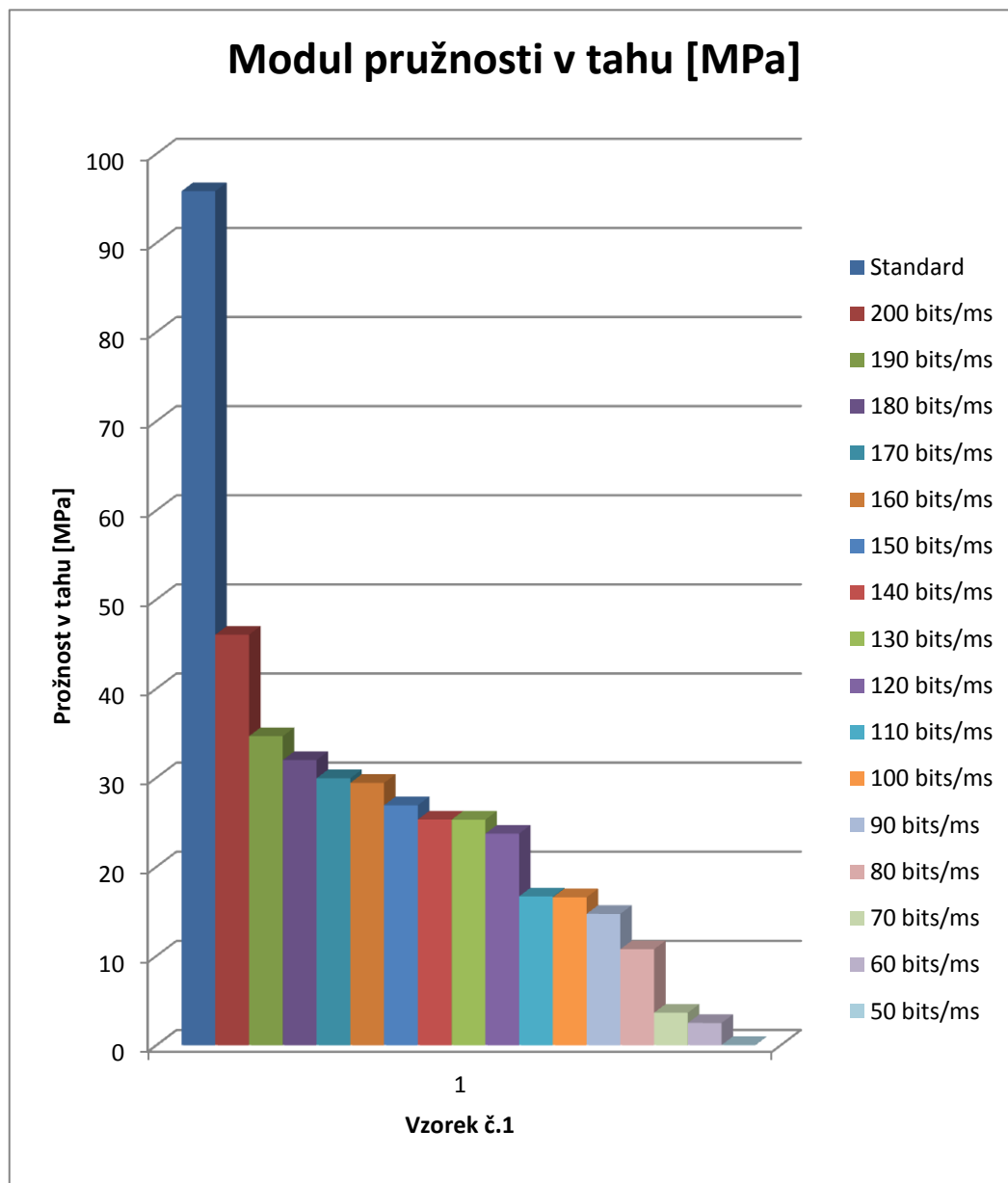


Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 94: Vzorek č. 5 jednovrstvý

Modul pružnosti v tahu pro úplety [MPa]

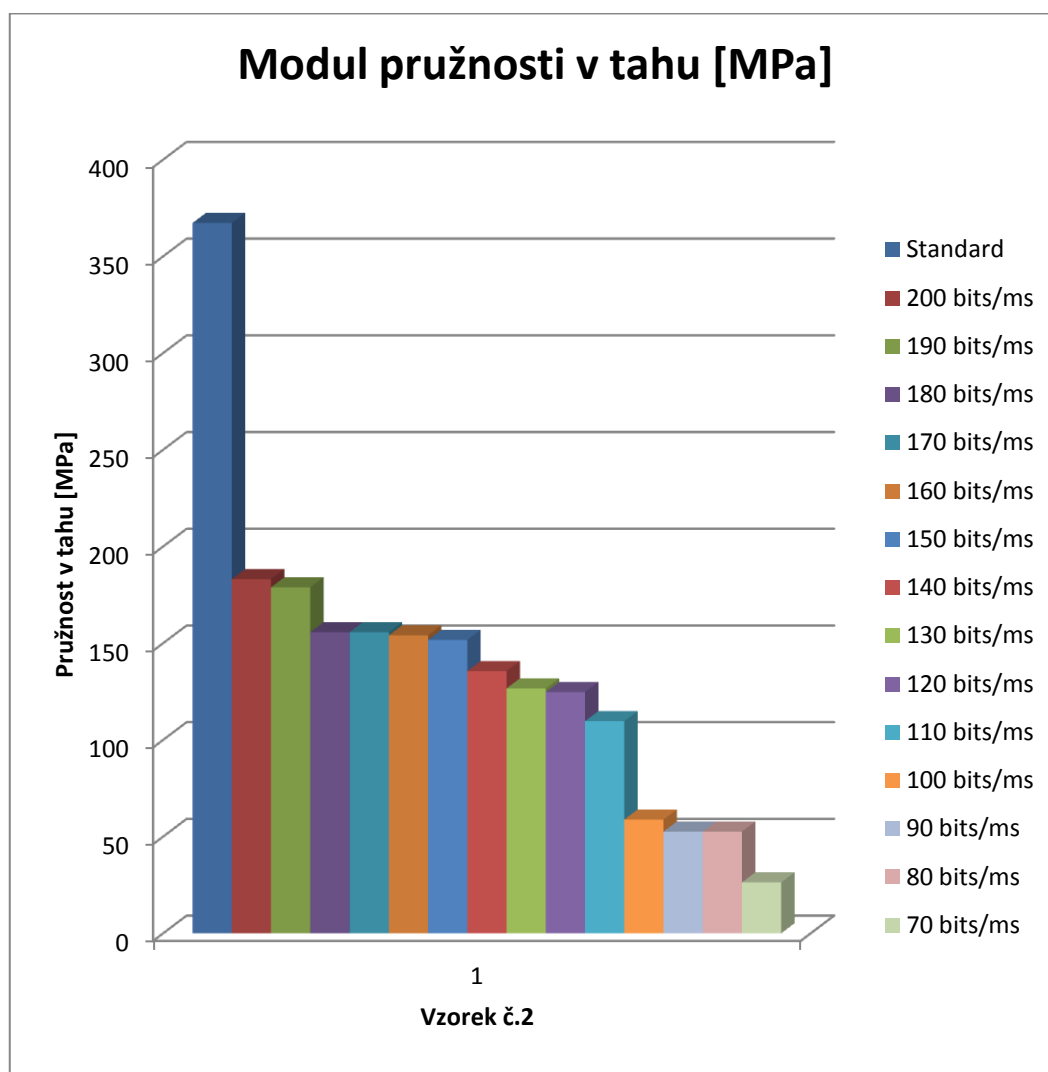
Modul pružnosti v tahu pro jednovrstvé úplety, vzorek č. 1 (vypočteno dle 34)



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 95: Vzorek č. 1 jednovrstvý

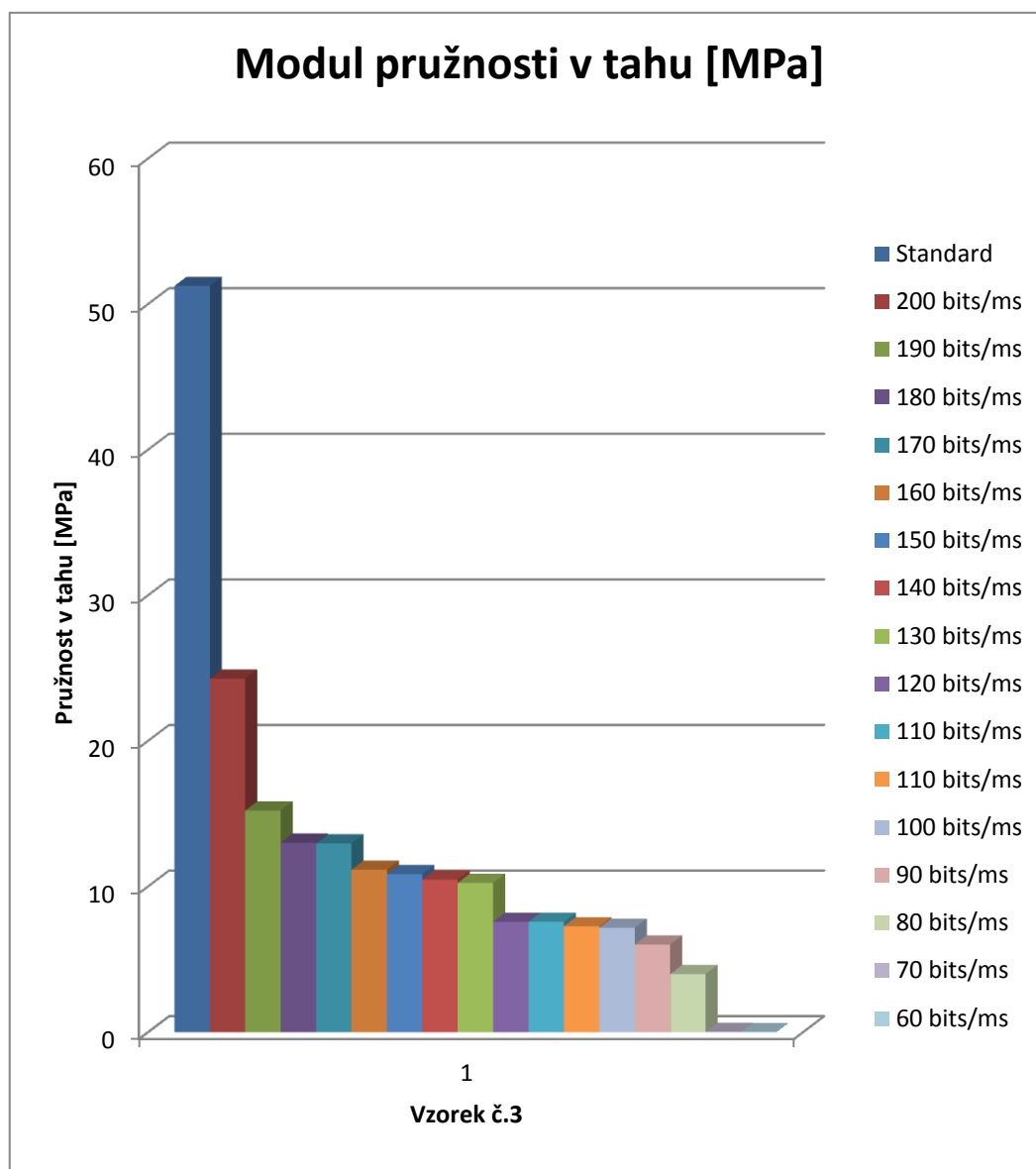
Modul pružnosti v tahu pro jednovrstvé úplety, vzorek č. 2 (vypočteno dle 34)



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 96: Vzorek č. 2 jednovrstvý

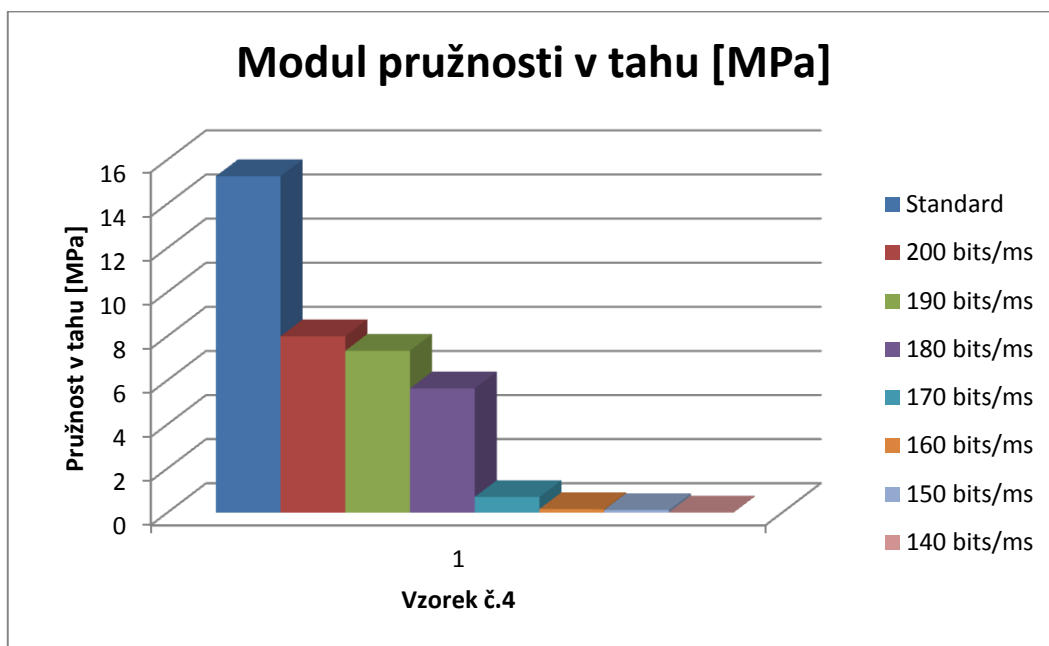
Modul pružnosti v tahu pro jednovrstvé úplety, vzorek č. 3 (vypočteno dle 34)



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 97: Vzorek č. 3 jednovrstvý

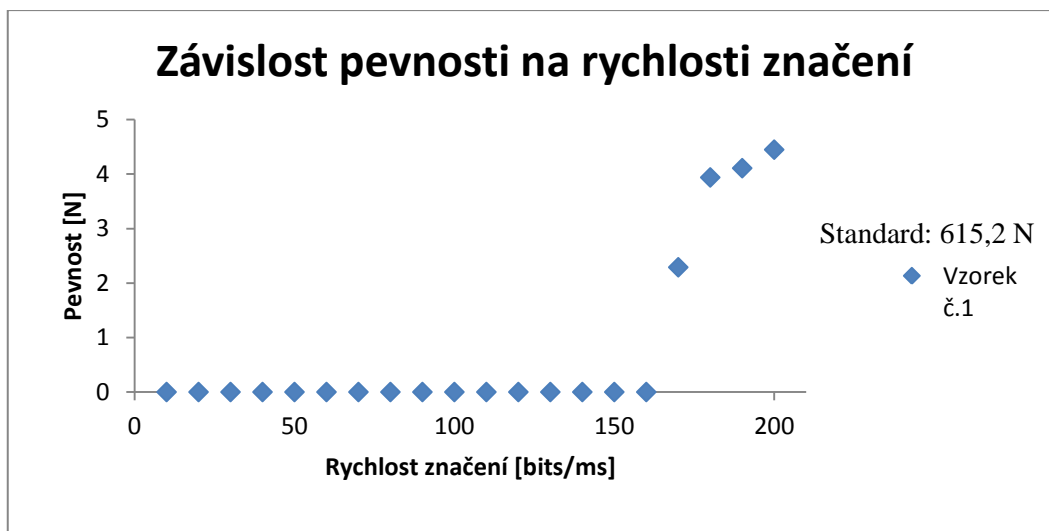
Modul pružnosti v tahu pro jednovrstvé úplety, vzorek č. 4 (vypočteno dle 34)



Zdroj: vlastní zpracování

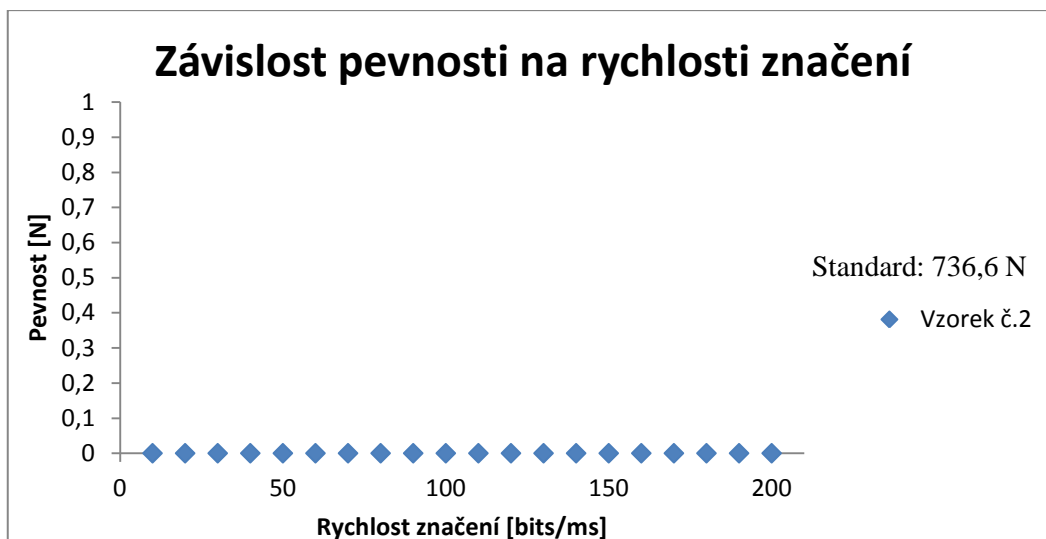
Obr. 98: Vzorek č. 4 jednovrstvý

Závislost pevnosti na rychlosti značení laseru u tkanin



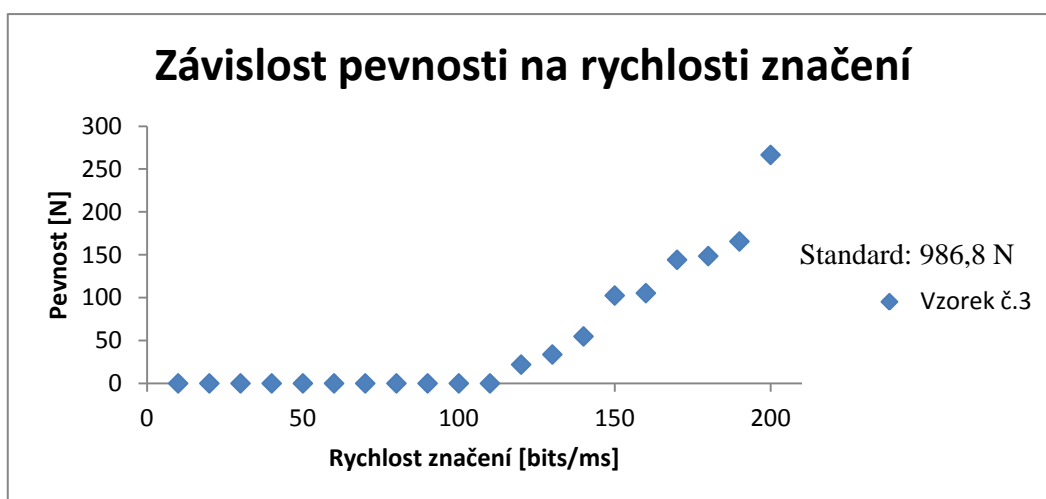
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 99: Vzorek č. 1 jednovrstvý



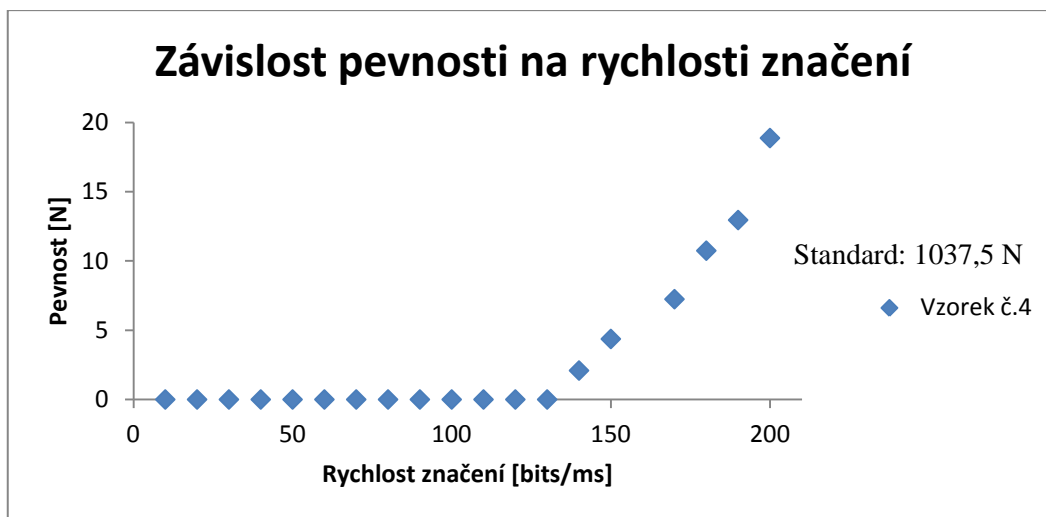
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 100: Vzorek č. 2 jednovrstvý



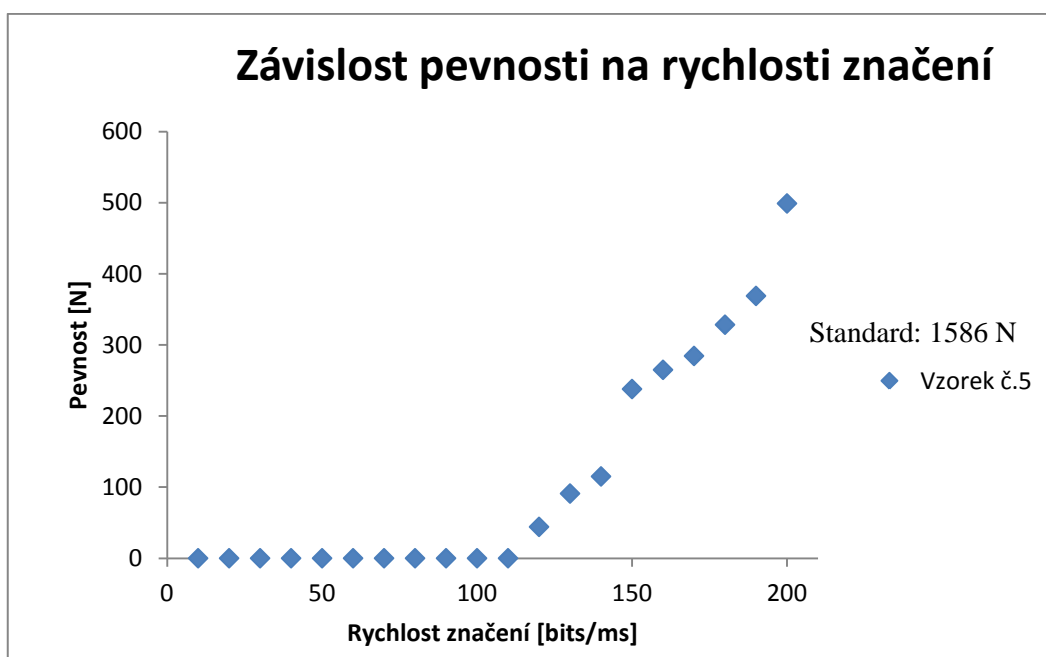
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 101: Vzorek č. 3 jednovrstvý



Zdroj: vlastní zpracování

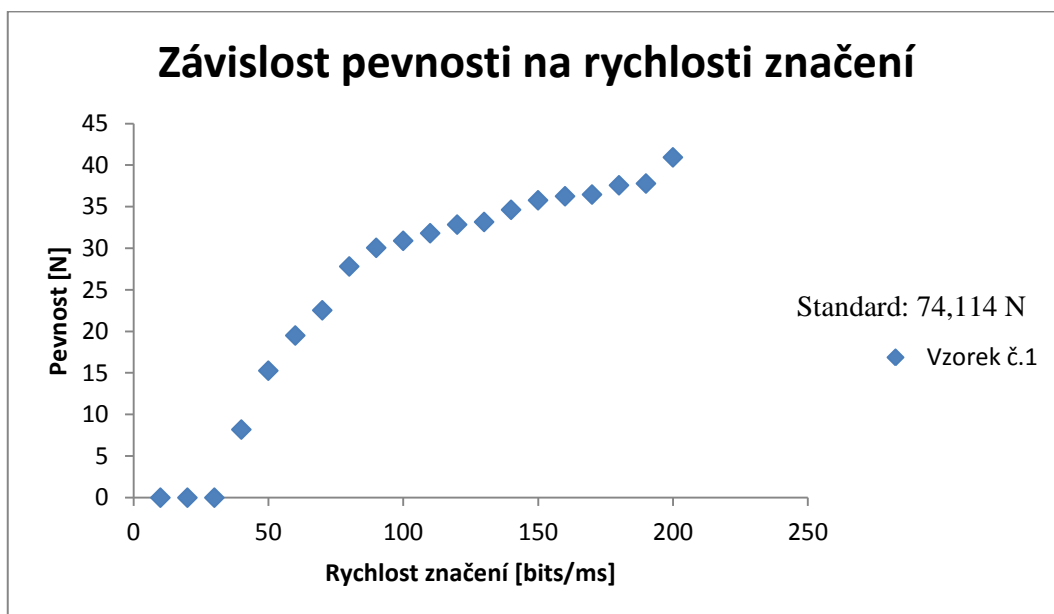
Obr. 102: Vzorek č. 4 jednovrstvý



Zdroj: vlastní zpracování

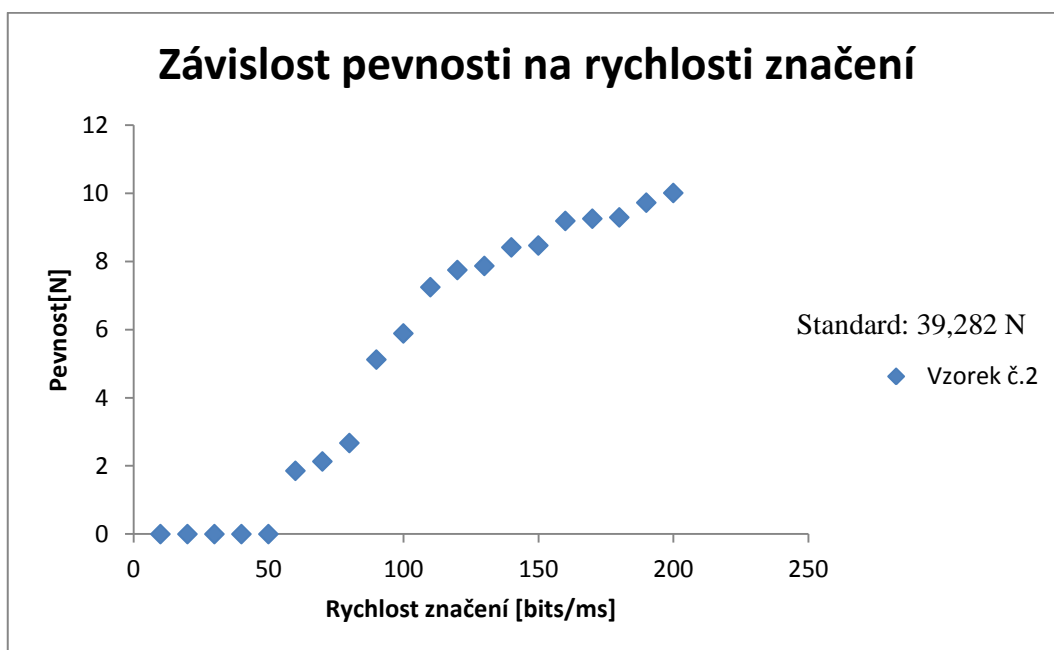
Obr. 103: Vzorek č. 5 jednovrstvý

Závislost pevnosti na rychlosti značení laseru u úpletů



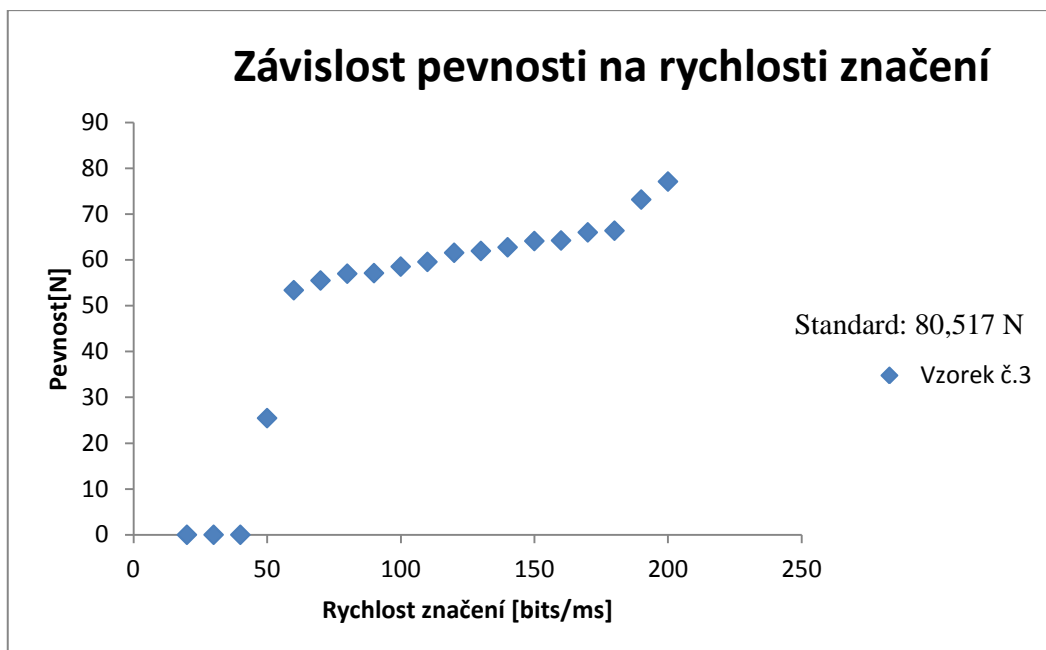
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 104: Vzorek č. 1 jednovrstvý



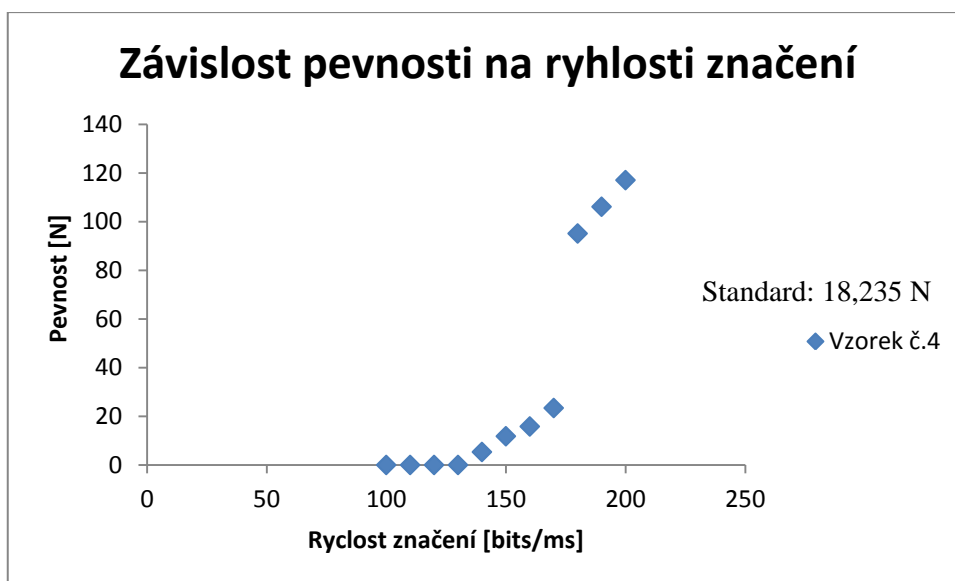
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 105: Vzorek č. 2 jednovrstvý



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 106: Vzorek č. 3 jednovrstvý



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 107: Vzorek č. 4 jednovrstvý

3.7 Výsledné zhodnocení pro tkaniny a úplety

3.7.1 Výsledné zhodnocení pro tkaniny a úplety (kapitola 3.6.1)

Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku

Ve všech grafech je znázorněno působení síly na konkrétní prodloužení v milimetrech. Veškeré tyto hodnoty jsem získala z průměrných pěti měření na trhačím stroji Testometric M 350 - 5CT. V těchto grafech nás zajímá, zda je průběh sil lineární. Grafy nám vykazují stoupající tendenci síly při přetržení. Na sílu přetrhu má vliv elasticita textilního materiálu, zejména u úpletů. Také na tuto skutečnost má vliv upínací síla v čelistech stroje Testometric M 350 - 5CT, která byla nakonfigurována při prvotním spuštění stroje jako standardní, pro veškerou práci na tomto stroji. Tudíž se nám jeví výsledná posloupnost u přetrhů jako skoková, při posloupném snižování rychlosti značení laserem. Za normálních podmínek by se nám síla přetrhu měla přímo úměrně zvětšovat při snižování rychlosti značení v [bits/ms].

Modul pružnosti v tahu pro tkaniny

Modul pružnosti nám říká, zdali je potřebná síla k přetržení lineární a jaký má charakter. Na tuto sílu má vliv struktura zkoumaného vzorku a materiálové složení. Na těchto grafech si můžeme všimnout různých sil potřebných k přetržení zkoumaných vzorků. U všech zkoumaných vzorků tkanin vidíme, že charakter pružnosti na úkor nařiznutí textilie je lineární. Ze vzorku č. 1 vyplývá, že textilní materiál není moc pružný a v ozářené oblasti se přetrhne i při vyšších intenzitách ozáření laserem. U vzorku č. 2 je pružnost minimální v ostatních intenzitách dochází k celkovému proříznutí textilního materiálu. U vzorku č. 3 si můžeme všimnout lineární tendence pružnosti. Vzorek č. 4 je ideálním reprezentantem lineárního charakteru pružnosti textilního materiálu na úkor nařiznutí vlivem ozáření. O vzorku č. 5 můžeme říci, že je také zástupcem lineárního charakteru pružnosti v tahu.

Modul pružnosti v tahu pro úplety

U úpletů se musela vynaložit větší síla potřebná k přetrhu textilního materiálu z důvodu větší elasticity zkoumaných textilních vzorků. U všech zkoumaných vzorků úpletu si také můžeme všimnout lineárního charakteru. Vzorky č. 1 a č. 2 jsou zástupci lineárního charakteru pružnosti. Všimneme si, že u vzorků č. 3 a č. 4 nám dochází při nižších hodnotách nařiznutí textilie laserem k výraznějšímu propadu pružnosti v tahu daného syntetického materiálu.

Závislost pevnosti na rychlosti značení laseru u tkanin

Na tomto modulu pevnosti si můžeme všimnout, že tkaniny, které jsou z jemného syntetického textilního materiálu se nám přetrhnou ihned při prvotní rychlosti značení laserem a to je při 200 bits/ms. Tuto skutečnost můžeme vidět u tkaniny č. 2. Pevnost vzorku č. 1, se pohybuje okolo 2 a 5 N, oplývá lineárním charakter přetrhu v oblasti okolo 200 až 170 bits/ms. Od intenzity rychlosti značení 150 bits/ms síla přetrhu opět nemá vliv na rychlost značení laseru. U dalších zkoumaných syntetických materiálu se standardní pevnost pohybuje okolo 5 až 50N, můžeme porovnat, že dochází k lineární tendenci přetrhu na trhačím stroji Testometric M 350 - 5CT. Vzorek č. 3 má lineární charakter přetrhu od 200 bits/ms do 120 bits/ms. Při intenzitě 110 bits/ms je síla ozáření již tak velká, že síla přetrhu nemá žádný vliv na snižování rychlosti značení laseru. Taktéž to je i u vzorku č. 4, který má lineární charakter v rychlostech značení od 200 bits/ms do 150 bits/ms. Od rychlosti značení 140 bits/ms síla přetrhu nemá žádný vliv na textilní materiál. Vzorek č. 5 má lineární charakter při proříznutí od 200 bits/ms do 120 bits/ms. Od intenzity rychlosti značení 110 bits/ms síla přetrhu opět nemá vliv na rychlost značení laseru. U vzorku č. 5 se pevnost pohybuje okolo 100 až 600N, u tohoto vzorku můžeme konstatovat, že je nejpevnější.

Závislost pevnosti na rychlosti značení laseru u úpletu

Na tomto modulu pevnosti si můžeme všimnout, že úplet č. 1 má základní pevnost, která se pohybuje okolo 10 až 45 N. U dalšího zkoumaného textilního vzorku č. 2 se standardní pevnost pohybuje okolo 10 až 12 N. Vzorek č. 1 oplývá lineárním charakterem při rychlosti značení od 200 do 50 bits/ms. V následné intenzitě rychlosti značení 40 bits/ms síla nemá vliv na přetržení a další snižování ozáření laserem není potřeba. Následující vzorek č. 2 má lineární charakter při přetržení v ozařovaných intenzitách od 200 do 50 bits/ms. Od rychlosti značení 40 bits/ms síla přetrhu nemá vliv na dalším postupném snižování rychlosti značení laserem. Poslední zkoušený vzorek č. 3 má lineární charakter od 200 do 40 bits/ms. Od rychlosti značení 30 bits/ms síla při přetrhu nemá vliv na další snižování intenzit laseru. Vzorek č. 4 má docela posloupný lineární charakter při přetržení v ozařovaných intenzitách od 200 do 180 bits/ms. Od rychlosti značení 30 bits/ms síla přetrhu nemá vliv na dalším postupném snižování rychlosti značení laserem.

3.8 Ukázková řada lineárního proříznutí vzorku č. 1 a č. 3 tkaniny s plátňovou vazbou

3.8.1 Tvorba vzorků pro elektronový mikroskop FEI-PHENOM

Nejprve jsem si připravila řadu textilních vzorků, které nám ukazují linii proříznutí textilií při daných rychlostech značení na vzorcích č. 2 a č. 3. Vytvořené vzorky byly ozářeny laserovým paprskem o daných rychlostech značení v [bits/ms]. Vzorky jsem vystříhla na požadované rozměry 5 x 5 milimetrů, které jsem umístila na kovový nosič. Nosiče spolu se vzorky se musely pozlatit, aby mohl být použit elektronový mikroskop FEI-PHENOM, který snímá dané vzorky ve vakuu pomocí odražených elektronů. Vzorky byly snímány ve zvětšení 515 μm . Chtěla jsem ukázat linie od prvotní rychlosti značení 200 bits/ms, až po úplné proříznutí textilie, jak vypadají tkaniny, které jsou ozářeny laserovým paprskem při daném zvětšení (viz obr. 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121).

Tkanina, plátňová vazba

Vzorek č. 2



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 107: Vzorek č. 2, rychlost značení 200 bits/ms



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 108: Vzorek č. 2, rychlost značení 190 bits/ms



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 109: Vzorek č. 2, rychlost značení 180 bits/ms



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 110: Vzorek č. 2, rychlost značení 170 bits/ms



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 111: Vzorek č. 2, rychlost značení 160 bits/ms



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 112: Vzorek č. 2, rychlost značení 150 bits/ms

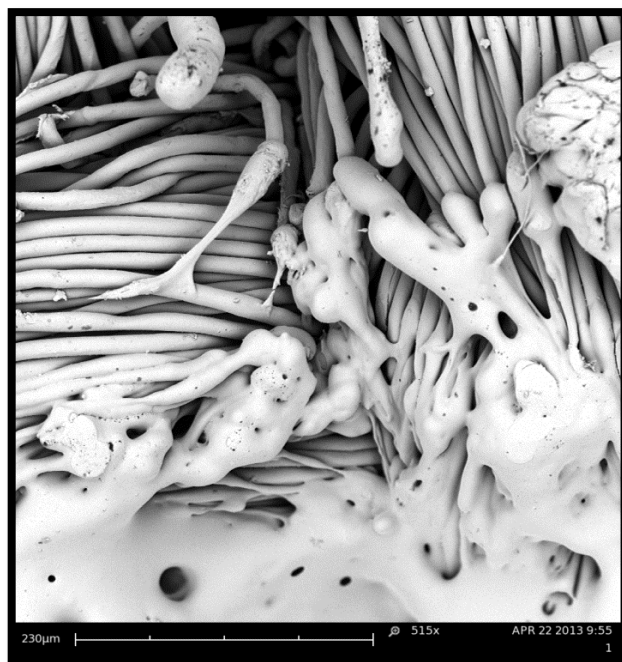
Tkanina, plátňová vazba

Vzorek č. 3



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 113: Vzorek č. 3, rychlost značení 150 bits/ms



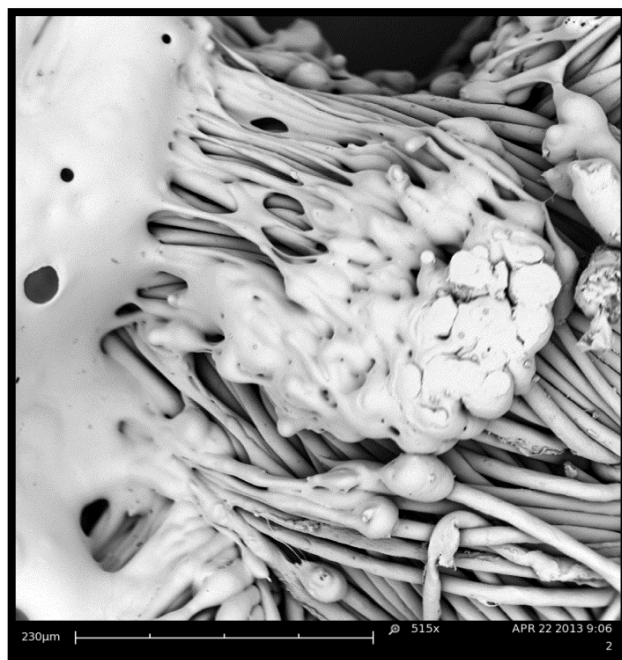
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 114: Vzorek č. 3, rychlost značení 130 bits/ms



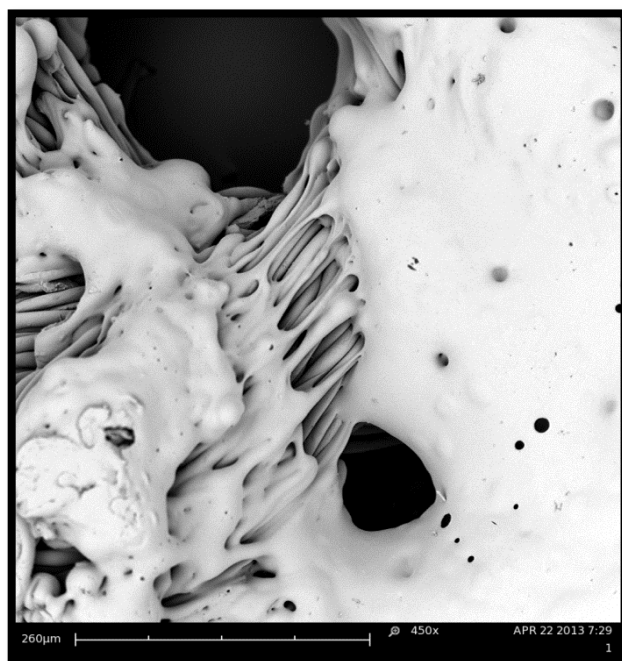
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 115: Vzorek č. 3, rychlost značení 110 bits/ms



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 116: Vzorek č. 3, rychlost značení 90 bits/ms



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 117: Vzorek č. 3, rychlost značení 80 bits/ms



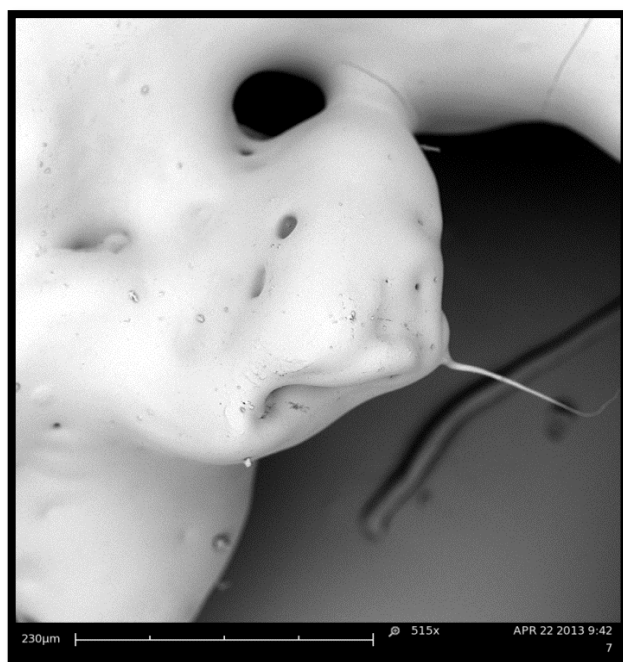
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 118: Vzorek č. 3, rychlost značení 70 bits/ms



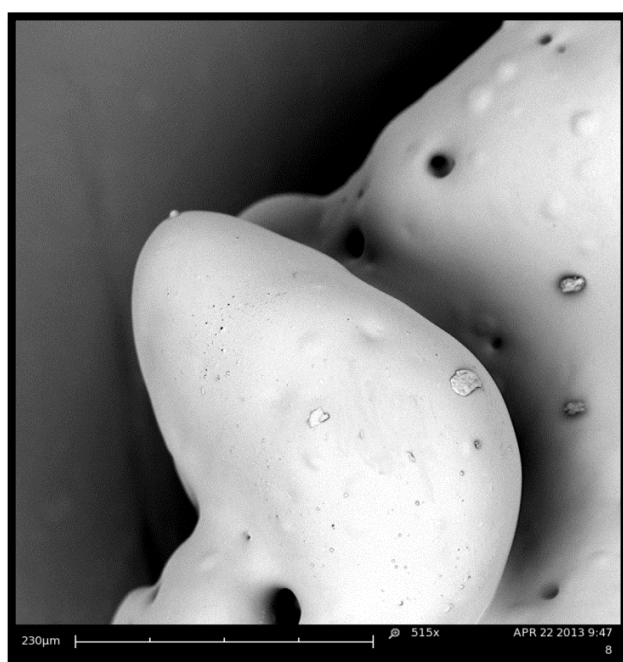
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 119: Vzorek č. 3, rychlost značení 60 bits/ms



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 120: Vzorek č. 3, rychlost značení 50 bits/ms



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 121: Vzorek č. 3, rychlost značení 40 bits/ms

3.9 Pojení textilních materiálů

3.9.1 Pojení tkanina a úpletů

Pojení textilních syntetických materiálů, jak u tkanin, tak u pletenin nevyšlo z důvodu smrštění vláken při chladnutí v místě ozáření. Bylo by vhodné ihned po působení laserového paprsku o určité intenzitě spoj zatížit, aby se materiál díky svým specifickým vlastnostem neodtáhoval při chladnutí spoje mezi dvěma textiliemi nebo použít vhodnou chemickou sloučeninu, která by podporovala při zahřátí laserovým paprskem spoj dvou stejných textilních materiálů.

Zkoušela jsem pojit zkoušené syntetické materiály, jak tkaniny, tak úplety pouze laserovým paprskem o různých intenzitách, ale bohužel se mi nepodařilo zkoušený materiál spojit v celé šíři řezu. Na ukázkou pojení mám veškeré zkoušené materiály ve vzorníku. Dále jsem zkoušela textilní materiály pojit s přidáním lepidla na textili, ale bohužel ani tento pokus spojit textilní materiály nevyšel.

Ukázka pojení vzorků textilie č. 8 a č. 9, úpletů č. 7 a č. 8. Na těchto vybraných vzorcích si můžeme všimnout, že dochází k úplnému pojení nebo k částečnému pojení dvou stejných materiálů, které jsou volně položeny na sebe, bez přidání jakéhokoliv pojiva či přitlaku. Zkoušené vzorky drží pouze stavením pomocí laserového paprsku o určitých rychlostech značení, které jsou uvedeny u každého obrázku textilie či úpletu (viz obr. 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133). Popis označení vzorků nalezneme v níže uvedených tabulkách (viz tab. 25, 26).

Tab. 25: Označení vzorků tkanin

Zkoumaný tex. materiál	Počet vrstev	Označení
100% PAD A	dvouvrstvý	č.6
100% PES A	dvouvrstvý	č.7
100% PES B	dvouvrstvý	č.8
100% PAD B	dvouvrstvý	č.9
100% PAD C	dvouvrstvý	č.10

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 26: Označení vzorků úpletů

Zkoumaný tex. materiál	Počet vrstev	Označení
100% PES A	dvouvrstvý	č.7
100% PAD A	dvouvrstvý	č.8
100% PES B	dvouvrstvý	č.9
100% PAD B	dvouvrstvý	č.10
PES s příměsí Lycra	dvouvrstvý	č.11
100% PAD C	dvouvrstvý	č.12

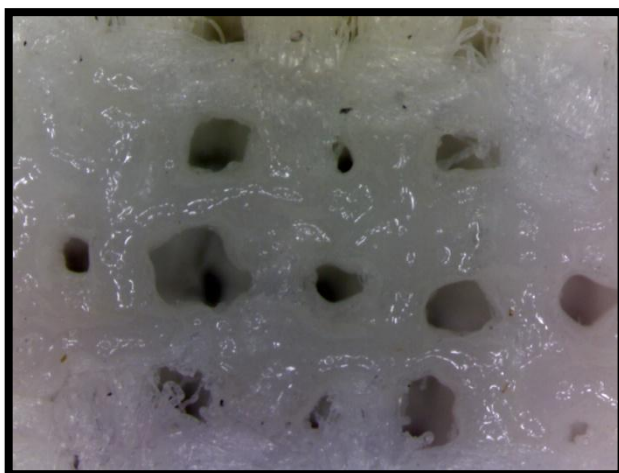
Zdroj: vlastní zpracování

Zkoušky pojení u dvouvrstvé textilie č. 8 a č. 9



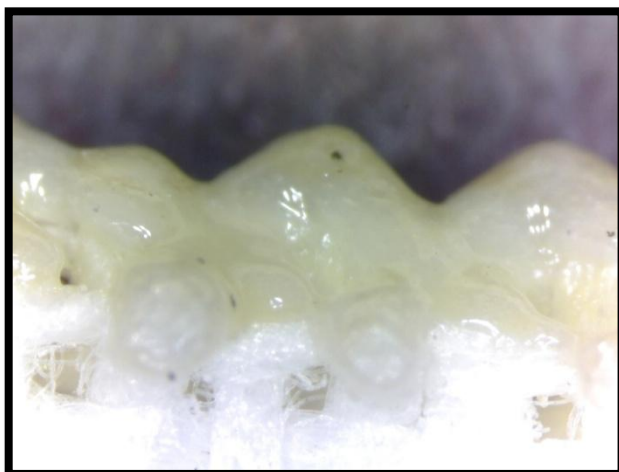
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 122: Vzorek č. 8, dvouvrstvá textilie



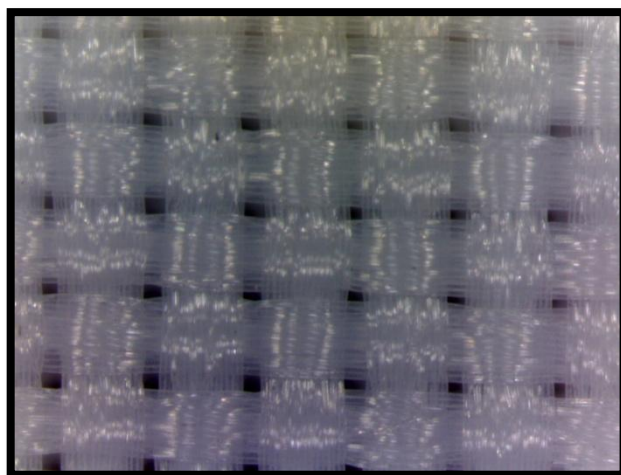
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 123: Vzorek č. 8, dvouvrstvá textilie, při rychlosti značení 100 bits/ms



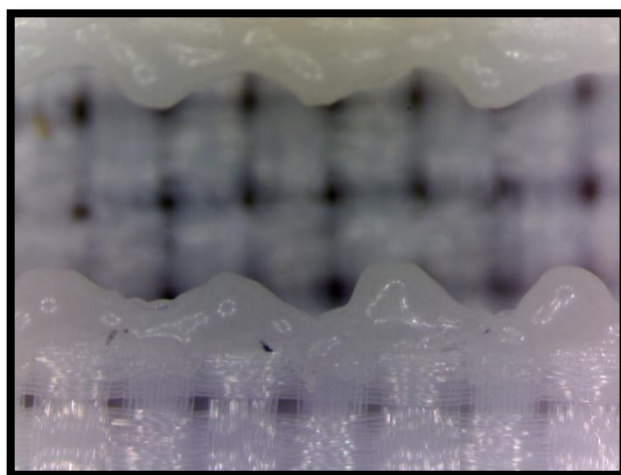
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 124: Vzorek č. 8, dvouvrstvá textilie, při rychlosti značení 5 bits/ms



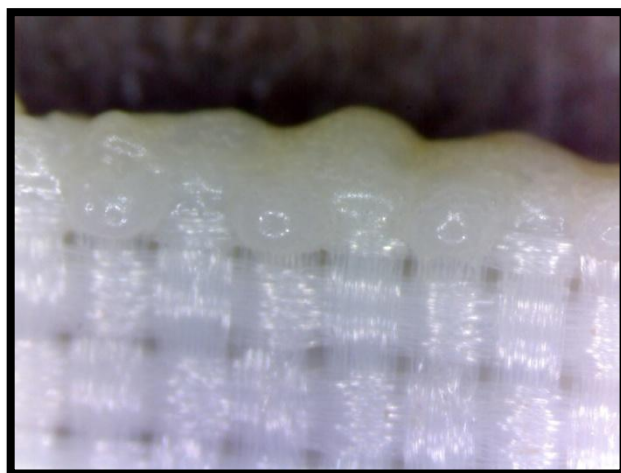
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 125: Vzorek č. 9, dvouvrstvá textilie



Zdroj: Vlastní zpracování

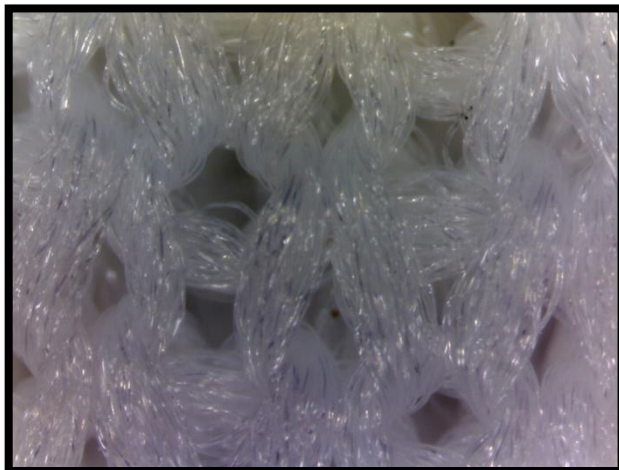
Obr. 126: Vzorek č. 9, dvouvrstvá textilie, při rychlosti značení 100 bits/ms



Zdroj: Vlastní zpracování

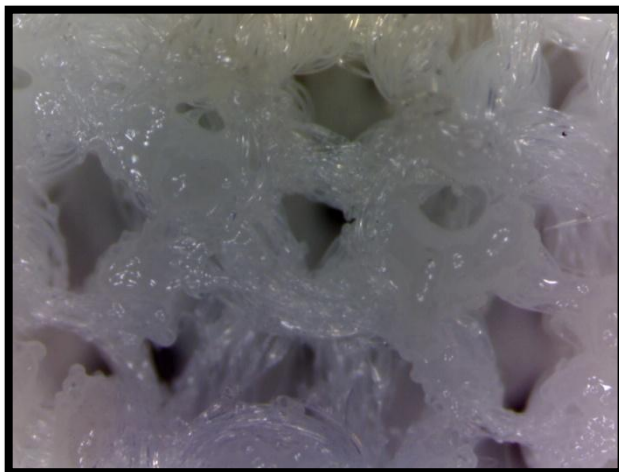
Obr. 127: Vzorek č. 9, dvouvrstvá textilie, při rychlosti značení 10 bits/ms

Zkoušky pojení u dvouvrstvého úpletu č. 7 a č. 8



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 128: Vzorek č. 7, dvouvrstvý úplet



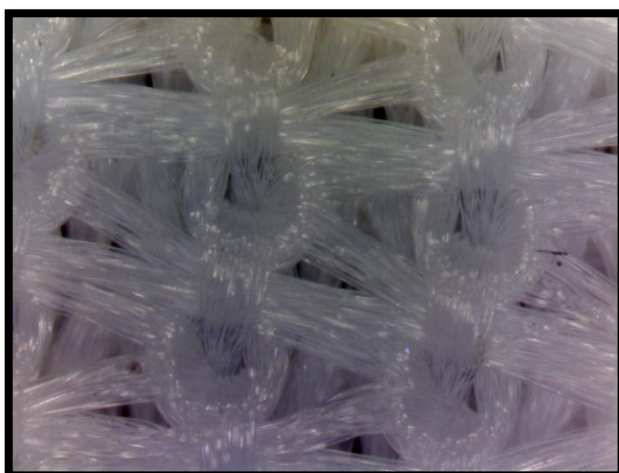
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 129: Vzorek č. 7, dvouvrstvý úplet, při rychlosti značení 100 bits/ms



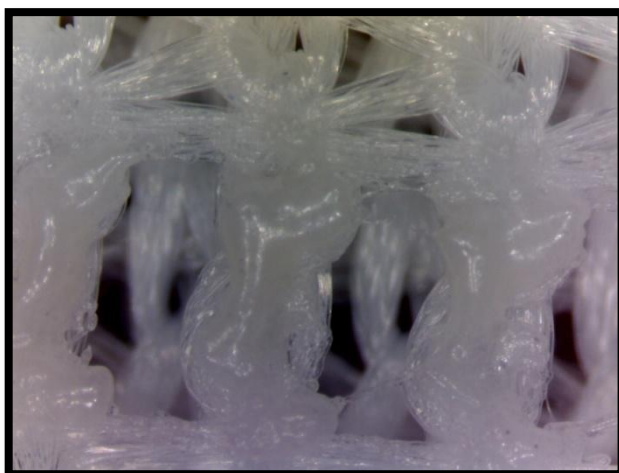
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 130: Vzorek č. 7, dvouvrstvý úplet, při rychlosti značení 10 bits/ms



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 131: Vzorek č. 8, dvouvrstvý úplet



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 132: Vzorek č. 8, dvouvrstvý úplet, při rychlosti značení 100 bits/ms



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 133: Vzorek č. 8, dvouvrstvý úplet, při rychlosti značení 10 bits/ms

4 Závěr

V této práci byl vysvětlen základní princip laseru a jeho aplikace v textilním průmyslu. Specifické vlastnosti laserového paprsku, jako je jeho koherence, monochromaticnost a malá rozbíhavost umožní přenést velké množství energie, díky tomu lze laserem působit na textilní materiál. Laserové technologie patří mezi nekonvenční metody oddělování a spojování textilních materiálů. V této práci byly specifikovány různé metody oddělování a spojování textilních materiálů. Laser má tedy své specifické místo mezi textilními technologiemi.

V praktické části jsem se nejprve věnovala mechanickým vlastnostem zkoušených textilních materiálů, jak u tkanin, tak u úpletů. Zjistila jsem jejich charakteristické vlastnosti jako je např. plošná hmotnost, [Tex] jednotlivých přízí, tloušťka textilního materiálu, dezén atd. Veškeré výsledné poznatky naleznete v kapitole 3.1, 3.2 a zhodnocené v kapitole 3.3.

Dále jsem se věnovala porozitě zkoumaných tkanin a úpletů. Porozita uváděla při jaké intenzitě laseru při konkrétní rychlosti značení v [bits/ms] dojde k proříznutí textilie a zda je celková stupnice od samotného naříznutí vzorku, až po celkové proříznutí lineární v porovnání se standardem bílé barvy, což je neozářená textilie. Skoro ve všech zkoušených syntetických materiálech docházelo k lineární tendenci v prořezávání laserem, než došlo k celkovému proříznutí. Textilní materiály se lišily výrazně svou jemností, tudíž u některých vzorků tkanin si povšimneme, že dochází k celkovému proříznutí v již při rychlostech značení 200 nebo 190 bits/ms u jednovrstvých vzorků.

Z testů síly potřebné k přetrhu u jednovrstvých tkanin a úpletů se očekávala lineární závislost. V následném zkoušení připravených vzorků se tato skutečnost potvrdila. Z provedených experimentů vychází lineární závislost mezi silou v [N] a prodloužením v [mm].

Průběh mezi rychlostí značení [bits/ms] a pružností v tahu [MPa]. Tuto zkoušku jsem nazvala Modul pružnosti v tahu, jak pro tkaniny, tak pro úplety. Z této zkoušky vycházelo, že je průběh opět lineární. Porovnávala jsem neozářený textilní materiál oproti ozářenému textilnímu materiálu s určitými rychlostmi značení v [bits/ms].

Grafické znázornění pevnosti na intenzitě laseru u tkanin a úpletů. Zkoušela jsem základní textilní materiál, který nebyl ozářen laserem s dalšími textiliemi stejného druhu, které byly ozářeny určitými rychlostmi značení v [bits/ms]. Výsledná data vycházela jako lineární. Textilní materiály se liší plošnou hmotností. Úplety vycházely, že mají vyšší pevnost na úkor ostatních textilních materiálů. U vzorků úpletů na tento experiment měla vliv i jejich výrazná pružnost.

Zkoušené pojení textilií, které vykazovalo nehodnotitelné výsledky. Pojení textilních syntetických materiálů, jak u tkanin, tak u pletenin nevyšlo z důvodu smrštění vláken při chladnutí v místě ozáření. Bylo by vhodné ihned po působení laserového paprsku o určité intenzitě spoj zatížit, aby se materiál díky svým specifickým vlastnostem neodtáhoval při chladnutí spoje mezi dvěma textiliemi nebo použít vhodnou chemickou sloučeninu, která by podporovala při zahřátí laserovým paprskem spoj dvou stejných textilních materiálů.

V diplomové práci najdeme škálu proříznutí laserem u vybraných vzorků tkanin se stejným dezénem. Veškeré použité textilní materiály nalezneme v přidaném vzorníku.

Tato práce do budoucna může posloužit jako referenční zdroj dat pro další aplikace laseru *CO₂150 Flexi Marcatex laser system*, pro dělení a pojení syntetických textilních materiálů. Díky této práci bude možné zvolit správné parametry nastavení laseru na konkrétní materiály dle mechanických vlastností.

5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SALEH, BAHAA a MALVIN TEICH. *Základy fotoniky*. Praha: MATFYZPRESS, 1991. ISBN 80-85863.
- [2] HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER. *Fundamentals of Physics*. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons, 2004. ISBN 0471216437.
- [3] Optimizing the photoassociation of cold atoms by use of chirped laser pulse. *The European Physical Journal D - Atomic, Molecular, Optical and Plasma Physics*. 2006, 31(2). DOI: 10.1140/epjd/e2004-00161-8.
- [4] DLUZHNEVSKII, G. I. Study of the Malus law using a selenium photocell. *Russian Physics Journal*. 1974, 17(7). DOI: 10.1007/BF00891083.
- [5] ANASTASOVSKI, Petr K., T.E. BEARDEN, C. CIUBOTARIU, W. T. COFFEY, L. B. CROWELL, G. J. EVANS, M. W. EVANS, R. FLOWER a S. JEFFERS. Self-Inconsistencies of the U(1) Theory of Electrodynamics: Michelson Interferometry. *Foundations of Physics Letters*. 2004, 1(6). DOI: 10.1023/A:1021651310224.
- [6] SIEGMAN, E. *Lasers*. Stanford: University Science Books, 1986. ISBN 978-0-935702-11-8.
- [7] ŠVÉDOVÁ, J. *Technické textilie*. Praha: SNTL, 1978.
- [8] KRŽOVÁ, J. *Vliv parametrů šicích nití a tvorby stehu na pružnost šitých spojů u pletenin*. TUL, 2003. Diplomová práce.
- [9] KUNZ, O. K problematice vlastností švů ve vztahu k vlastnostem šitého materiálu. *Informativní přehled*. VÚP Brno, 1979(1), 41.
- [10] ČSN EN ISO 13935-1 (80 0841) Textilie. *Tahové vlastnosti švů plošných textilií a konfekčních výrobků: Část 1: Zjišťování maximální síly do přetrhu švu metodou Strip*. Praha: ČNI, 2008.
- [11] ČSN EN ISO 13935-2 (80 0841) Textilie. *Tahové vlastnosti švů plošných textilií a konfekčních výrobků: Část 2: Zjišťování maximální síly do přetrhu švu metodou Grab*. Praha: ČNI, 2008.
- [12] ZOUHAROVÁ, J. *Výroba oděvů II*. Liberec: TUL, 2002.
- [13] SODOMKA, L. *Struktura, vlastnosti, diagnostika a nové technologie oddělování, spojování a pojení textilií*. Liberec: TUL, 2002. ISBN 80-7083-645-8.
- [14] ZYCHOVÁ, M., M. RŮŽIČKOVÁ a J. MACÁK. Vlastnosti superkritické vody. *Paliva*. 2010, 1(1).
- [15] BOYD, T. J. M. a J. J. SANDERSON. *The Physics of Plasmas*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. ISBN 0521459125.
- [16] MILITKÝ, J. *Technické textilie*. Liberec: TUL, 2007. ISBN 978-80-7372-179-1.

- [17] MILITKÝ, J. a J. VANÍČEK. *Vlastnosti vláken*. TUL, 2008. Přednášky.
- [18] KOPAL, A. *Fyzika I*. TUL, 2005. ISBN 80-7083-903-1. Skriptum.
- [19] Dohnal, M.: Lasery a jejich aplikace v polygrafii, skripta, Univerzita Pardubice 2008
- [20] Bamforth, P. Williams, K., Jakson, M.R.: *Edge quality optimisation for CO₂ laser cutting of nylon textiles*, *Applied Thermal Engineering* 26 (2006) 403-412
- [21] BaiHuaZhou, Mahdavian, S.M.: *Experimental and theoretical analyses of cutting nonmetallic materials by low power CO₂-laser* *Journal of Materials Processing Technology* 146 (2004) 188-192

Internetové zdroje:

- [22] Rozdělení laserů. *Centrum laserových a automatizačních technologií* [online]. [cit. 2011-12-10]. Dostupné z: <http://laser.zcu.cz/wiki/rozdeleni-laseru>
- [23] Preventivní opatření pro správnou funkci plynových zařízení II. *TZB-INFO* [online]. [cit. 2011-11-29]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/zemni-plyn/5802-preventivni-opatreni-pro-spravnou-funkci-plynovych-zarizeni-ii>

6 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A	Určení průměrné hmotnosti tkanin (viz kapitola 3.1)	136
Příloha B	Určení průměrné hmotnosti úpletů (viz kapitola 3.2).....	139
Příloha C	Určení průměrné tloušťky tkanin (viz kapitola 3.1)	142
Příloha D	Určení průměrné tloušťky úpletů (viz kapitola 3.2)	144
Příloha E	Úprava vzorků laserem (viz kapitola 3.4.2)	146
Příloha F	Úprava vzorků laserem (viz kapitola 3.4.2)	154
Příloha G	Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu u jednovrstvých tkanin (viz kapitola 3.6.1)	163
Příloha H	Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu u jednovrstvých úpletů (viz kapitola 3.6.1)	180
Příloha I	Modul pružnosti v tahu pro tkaniny [MPa] (viz kapitola 3.6.1)	205
Příloha J	Modul pružnosti v tahu pro úplety [MPa] (viz kapitola 3.6.1)	207
Příloha K	Závislost pevnosti na rychlosti značení laseru u tkanin (viz kapitola 3.6.1)	210
Příloha L	Závislost pevnosti na rychlosti značení laseru u úpletů (viz kapitola 3.6.1)	215

Přílohy

Příloha

Příloha A

Určení průměrné hmotnosti tkanin (viz kapitola 3.1)

Dílečí data pro: (viz tab. 7)

Tab. 22: A1 Hmotnost vzorku č. 1

Počet měření	Hmotnost vzorku [g]
1	0,802
2	0,802
3	0,803
4	0,804
5	0,802
6	0,802
7	0,803
8	0,804
9	0,802
10	0,803

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 23: A2 Hmotnost vzorku č. 2

Počet měření	Hmotnost vzorku [g]
1	0,779
2	0,776
3	0,779
4	0,779
5	0,776
6	0,775
7	0,774
8	0,776
9	0,776
10	0,779

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 24: A3 Hmotnost vzorku č. 3

Počet měření	Hmotnost vzorku [g]
1	1,74
2	1,741
3	1,74
4	1,74
5	1,745
6	1,744
7	1,74
8	1,745
9	1,744
10	1,74

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 25: A4 Hmotnost vzorku č. 4

Počet měření	Hmotnost vzorku [g]
1	0,97
2	0,973
3	0,974
4	0,971
5	0,97
6	0,97
7	0,972
8	0,974
9	0,974
10	0,973

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 26: A5 Hmotnost vzorku č. 5

Počet měření	Hmotnost vzorku [g]
1	1,774
2	1,776
3	1,78
4	1,78
5	1,774
6	1,784
7	1,784
8	1,774
9	1,776
10	1,775

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha B

Určení průměrné tloušťky tkanin (viz kapitola 3.1)

Dílčí data pro: (viz tab. 9)

Tab. 27: B1 Tloušťka vzorku č. 1

Počet měření	Tloušťka [mm]
1	0,15
2	0,15
3	0,15
4	0,15
5	0,15
6	0,15
7	0,14
8	0,15
9	0,14
10	0,15

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 28: B2 Tloušťka vzorku č. 2

Počet měření	Tloušťka [mm]
1	0,13
2	0,14
3	0,13
4	0,13
5	0,13
6	0,13
7	0,13
8	0,13
9	0,13
10	0,13

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 29: B3 Tloušťka vzorku č. 3

Počet měření	Tloušťka [mm]
1	0,41
2	0,41
3	0,4
4	0,41
5	0,4
6	0,4
7	0,4
8	0,4
9	0,46
10	0,4

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 30: B4 Tloušťka vzorku č. 4

Počet měření	Tloušťka [mm]
1	0,14
2	0,14
3	0,14
4	0,14
5	0,16
6	0,14
7	0,14
8	0,14
9	0,14
10	0,14

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 31: B5 Tloušťka vzorku č. 5

Počet měření	Tloušťka [mm]
1	0,32
2	0,31
3	0,33
4	0,32
5	0,33
6	0,33
7	0,34
8	0,32
9	0,32
10	0,32

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha C

Určení průměrné hmotnosti úpletů (viz kapitola 3.2)

Dílčí data pro: (viz tab. 18)

Tab. 32: C1 Hmotnost vzorku č. 1

Počet měření	Hmotnost vzorku [g]
1	1,866
2	1,86
3	1,866
4	1,864
5	1,864
6	1,864
7	1,866
8	1,869
9	1,868
10	1,866

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 33: C2 Hmotnost vzorku č. 2

Počet měření	Hmotnost vzorku [g]
1	1,024
2	1,024
3	1,025
4	1,028
5	1,02
6	1,024
7	1,025
8	1,024
9	1,02
10	1,024

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 34: C3 Hmotnost vzorku č. 3

Počet měření	Hmotnost vzorku [g]
1	1,29
2	1,29
3	1,29
4	1,288
5	1,288
6	1,288
7	1,29
8	1,297
9	1,288
10	1,29

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 35: C4 Hmotnost vzorku č. 4

Počet měření	Hmotnost vzorku [g]
1	0,749
2	0,777
3	0,753
4	0,777
5	0,749
6	0,749
7	0,777
8	0,749
9	0,753
10	0,749

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha D

Určení průměrné tloušťky úpletů (viz kapitola 3.2)

Dílčí data pro: (viz tab. 20)

Tab. 36: D1 Tloušťka vzorku č. 1

Počet měření	Tloušťka [mm]
1	0,75
2	0,75
3	0,77
4	0,76
5	0,76
6	0,76
7	0,74
8	0,74
9	0,73
10	0,73

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 37: D2 Tloušťka vzorku č. 2

Počet měření	Tloušťka [mm]
1	0,27
2	0,27
3	0,27
4	0,27
5	0,27
6	0,27
7	0,27
8	0,27
9	0,27
10	0,28

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 38: D3 Tloušťka vzorku č. 3

Počet měření	Tloušťka [mm]
1	0,66
2	0,67
3	0,67
4	0,64
5	0,68
6	0,65
7	0,69
8	0,68
9	0,66
10	0,67

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 39: D4 Tloušťka vzorku č. 4

Počet měření	Tloušťka [mm]
1	0,54
2	0,55
3	0,56
4	0,55
5	0,55
6	0,56
7	0,55
8	0,53
9	0,54
10	0,54

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha E

Úprava vzorků laserem (viz kapitola 3.4.2)

Procentuální zastoupení průměrné porozity u vzorků tkanin

Dílicí data pro: (viz obr. 67)

Tab. 40: E1 Procentuální znázornění porozity u jednovrstvé tkaniny č. 1

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	40,282	60,973
200	34,483	52,195
190	65,752	99,526
180	66,066	100
170	66,066	100
160	66,066	100
150	66,066	100
140	66,066	100
130	66,066	100
120	66,066	100
110	66,066	100
100	66,066	100
90	66,066	100
80	66,066	100
70	66,066	100
60	66,066	100
50	66,066	100
40	66,066	100
30	66,066	100
20	66,066	100
10	66,066	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 68)

Tab. 41: E2 Procentuální znázornění porozity u jednovrstvé tkaniny č. 2

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	15,674	19,569
200	11,285	14,090
190	28,881	36,059
180	56,426	70,450
170	76,254	95,205
160	80,094	100
150	80,094	100
140	80,094	100
130	43,182	100
120	80,094	100
110	74,138	100
100	80,094	100
90	76,019	100
80	76,019	100
70	76,019	100
60	76,019	100
50	76,019	100
40	76,019	100
30	76,019	100
20	76,019	100
10	76,019	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 69)

Tab. 42: E3 Procentuální znázornění porozity u jednovrstvé tkaniny č. 3

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	18,41693	19,89839323
200	22,41379	22,69262792
190	21,31661	22,94665024
180	29,54545	23,03132434
170	21,00313	23,28534666
160	21,55172	24,21676182
150	25,7837	26,07959222
140	26,41066	27,85774837
130	24,13793	28,53514121
120	27,50784	29,72057869
110	28,29154	30,05927512
100	29,17868	30,56731975
90	21,23824	31,52582155
80	27,82132	31,92209464
70	36,28527	39,20406773
60	57,05329	61,64267333
50	85,34483	92,20999308
40	92,55486	100
30	92,55486	100
20	92,55486	100
10	92,55486	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 70)

Tab. 43: E4 Procentuální znázornění porozity u jednovrstvé tkaniny č. 4

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	46,552	50,254
200	47,727	51,523
190	53,762	58,037
180	85,110	91,887
170	89,734	96,870
160	89,342	96,447
150	91,850	99,154
140	92,006	99,323
130	92,633	100
120	89,890	100
110	92,633	100
100	92,633	100
90	92,633	100
80	92,633	100
70	92,633	100
60	92,633	100
50	92,633	100
40	92,633	100
30	92,633	100
20	92,633	100
10	92,633	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 71)

Tab. 44: E5 Procentuální znázornění porozity u jednovrstvé tkaniny č. 5

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	27,586	34,955
200	25,784	32,671
190	24,216	30,685
180	23,903	30,288
170	23,903	30,288
160	24,216	30,685
150	25,157	31,877
140	23,981	30,387
130	24,138	30,586
120	27,116	34,359
110	27,978	35,452
100	27,508	34,856
90	27,508	34,856
80	26,097	33,068
70	30,878	39,126
60	37,539	47,567
50	49,608	62,860
40	67,947	86,097
30	70,925	89,871
20	78,9185	100
10	78,9185	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 72)

Tab. 45: E6 Procentuální znázornění porozity u dvouvrstvé tkaniny č. 6

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	12,06897	15,44634401
100	27,19436	34,80441493
90	47,88401	53,66098077
80	64,65517	55,96790419
70	41,9279	59,17752397
60	46,23824	60,78234026
50	43,73041	61,28384535
40	51,80251	66,29889627
30	47,49216	82,74823766
20	78,1348	100
10	78,1348	100
5	78,1348	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 73)

Tab. 46: E7 Procentuální znázornění porozity u dvouvrstvé tkaniny č. 7

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	15,98764	20,09874858
100	27,11599	20,49259898
90	18,02508	22,66010187
80	60,97179	25,81281519
70	16,30093	34,08867509
60	20,53292	76,65025467
50	79,54545	100
40	79,54545	100
30	79,54545	100
20	79,54545	100
10	79,54545	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 74)

Tab. 47: E8 Procentuální znázornění porozity u dvouvrstvé tkaniny č. 8

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	19,98433	29,72028554
100	20,21944	30,0699361
90	22,80564	31,81817506
80	22,25705	32,63402688
70	21,39498	33,10022279
60	28,29154	33,91607965
50	28,68339	35,78088374
40	24,05956	42,07459752
30	21,94357	42,65734879
20	67,24138	100
10	67,24138	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 75)

Tab. 48: E9 Procentuální znázornění porozity u dvouvrstvé tkaniny č. 9

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	27,3511	30,72183525
100	28,68339	32,21831597
90	30,721	32,65845736
80	29,07524	34,50703996
70	40,28213	37,46310299
60	33,93417	37,58802968
50	33,46395	38,11619935
40	33,35273	45,24647862
30	89,02821	100
20	89,02821	100
10	89,02821	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 76)

Tab. 49: E10 Procentuální znázornění porozity u dvouvrstvé tkaniny č. 10

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	23,824	45,784
100	23,824	45,784
90	23,197	44,5791
80	23,511	45,182
70	29,937	57,531
60	34,718	66,718
50	36,677	70,483
40	40,752	78,315
30	52,037	100
20	16,693	100
10	16,693	100
5	16,693	100

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha F

Úprava vzorků laserem (viz kapitola 3.4.2)

Procentuální zastoupení průměrné porozity u vzorků úpletů

Dílicí data pro: (viz obr. 77)

Tab. 50: F11 Procentuální znázornění porozity u jednovrstvého úpletu č. 1

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	10,03135	12,00750709
200	14,10658	7,692307324
190	9,796238	9,287054753
180	12,14734	10,60037476
170	11,36364	11,72607847
160	6,426332	13,60225572
150	7,758621	13,97749069
140	11,67712	14,54034315
130	8,855799	16,88554974
120	15,59561	18,66791585
110	18,57367	22,23264808
100	32,68025	32,64540654
90	27,27273	39,11819782
80	46,23824	47,84239892
70	39,96865	52,25140982
60	43,65204	100
50	83,54232	100
40	83,54232	100
30	83,54232	100
20	83,54232	100
10	83,54232	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 78)

Tab. 51: F12 Procentuální znázornění porozity u jednovrstvého úpletu č. 2

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	25,7837	34,55882501
200	23,04075	30,88234998
190	25,86207	34,45378286
180	25,70533	34,45378286
170	28,36991	34,66386715
160	30,32915	34,76890929
150	27,50784	36,86975217
140	34,95298	38,02521574
130	31,89655	40,65125593
120	25,94044	42,7520988
110	33,15047	44,4327731
100	33,15058	44,43292053
90	25,70533	46,8487424
80	37,93103	50,84033045
70	53,996887	72,37397925
60	74,60815	100
50	74,5674	100
40	74,5674	100
30	74,5674	100
20	74,5674	100
10	74,5674	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 79)

Tab. 52: F13 Procentuální znázornění porozity u jednovrstvého úpletu č. 3

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	23,276	29,970
200	23,041	29,667
190	24,216	31,181
180	27,900	35,923
170	28,919	37,235
160	33,229	42,785
150	34,953	45,005
140	32,210	41,473
130	36,364	46,821
120	32,423	41,748
110	37,853	48,739
100	40,909	52,674
90	46,160	59,435
80	50	64,379
70	57,445	73,966
60	67,712	87,185
50	77,665	100
40	77,665	100
30	77,665	100
20	77,665	100
10	77,665	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 80)

Tab. 53: F14 Procentuální znázornění porozity u jednovrstvého úpletu č. 4

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	14,734	14,734
200	13,480	13,480
190	12,774	12,774
180	14,812	14,812
170	12,696	12,696
160	13,480	13,480
150	13,480	13,480
140	13,480	13,480
130	13,480	13,480
120	68,574	68,574
110	27,194	27,194
100	76,567	76,567
90	100	100
80	100	100
70	100	100
60	100	100
50	100	100
40	100	100
30	100	100
20	100	100
10	100	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 81)

Tab. 54: F15 Procentuální znázornění porozity u jednovrstvého úpletu č. 5

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	14,73354	14,73354
200	13,47962	12,69592
190	12,77429	12,77429
180	14,81191	13,47962
170	12,69592	13,47962
160	13,47962	13,47962
150	13,47962	13,47962
140	13,47962	13,47962
130	13,47962	14,81191
120	68,57367	27,19436
110	27,19436	68,57367
100	76,5674	76,5674
90	100	100
80	100	100
70	100	100
60	100	100
50	100	100
40	100	100
30	100	100
20	100	100
10	100	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 82)

Tab. 55: F16 Procentuální znázornění porozity u jednovrstvého úpletu č. 6

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	33,62069	50,00655188
200	27,11599	24,47873107
190	16,45768	25,29468976
180	30,79937	26,92674101
170	21,70846	27,1597382
160	18,10354	27,50643479
150	19,35737	28,79165559
140	20,53292	30,54013851
130	18,26019	32,28860655
120	18,4953	40,33162796
110	17,00627	42,54637299
100	28,60502	45,81019289
90	32,21003	47,90837239
80	67,23257	100
70	67,23257	100
60	67,23257	100
50	67,23257	100
40	67,23257	100
30	67,23257	100
20	67,23257	100
10	67,23257	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 83)

Tab. 56: F17 Procentuální znázornění porozity u dvouvrstvého úpletu č. 7

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standart 0	6,3480	6,807
100	8,464	9,076
90	11,599	12,437
80	21,160	22,689
70	39,734	42,605
60	70,060	75,123
50	92,790	99,496
40	93,260	100
30	93,260	100
20	93,260	100
10	93,260	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 84)

Tab. 57: F18 Procentuální znázornění porozity u dvouvrstvého úpletu č. 8

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	16,30094	24,04624165
100	14,49843	15,9537613
90	14,65517	17,80343021
80	15,20376	21,15599107
70	15,59561	21,38727897
60	14,34164	21,61849331
50	12,06894	22,42774263
40	10,81505	23,00577799
30	41,45768	61,15606778
20	67,78997	100
10	67,78997	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 85)

Tab. 58: F19 Procentuální znázornění porozity u dvouvrstvého úpletu č. 9

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	14,42006	18,51107399
100	25,31348	21,73039567
90	23,90282	30,72234994
80	23,9326	30,58351746
70	16,9279	30,68412126
60	33,6264	32,49498971
50	23,82445	37,92758221
40	29,54545	43,16630988
30	76,33229	97,98798813
20	77,89964	100
10	77,89964	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 86)

Tab. 59: F20 Procentuální znázornění porozity u dvouvrstvého úpletu č. 10

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	22,96238	32,88439426
100	24,45141	35,01683217
90	32,21003	43,54656949
80	37,22571	44,66890523
70	33,15047	46,12794169
60	31,19122	47,47474458
50	30,40752	53,31089044
40	69,82759	100
30	69,82759	100
20	69,82759	100
10	69,82759	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 87)

Tab. 60: F21 Procentuální znázornění porozity u dvouvrstvého úpletu č. 11

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	12,44592	18,04658328
100	13,32288	19,31817523
90	14,02821	20,34090369
80	13,63636	19,77272121
70	13,71473	19,8863577
60	13,24451	19,20453873
50	13,7931	19,9999942
40	12,93103	18,74999275
30	13,16614	19,09090224
20	68,96552	100
10	68,96552	100

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr.88)

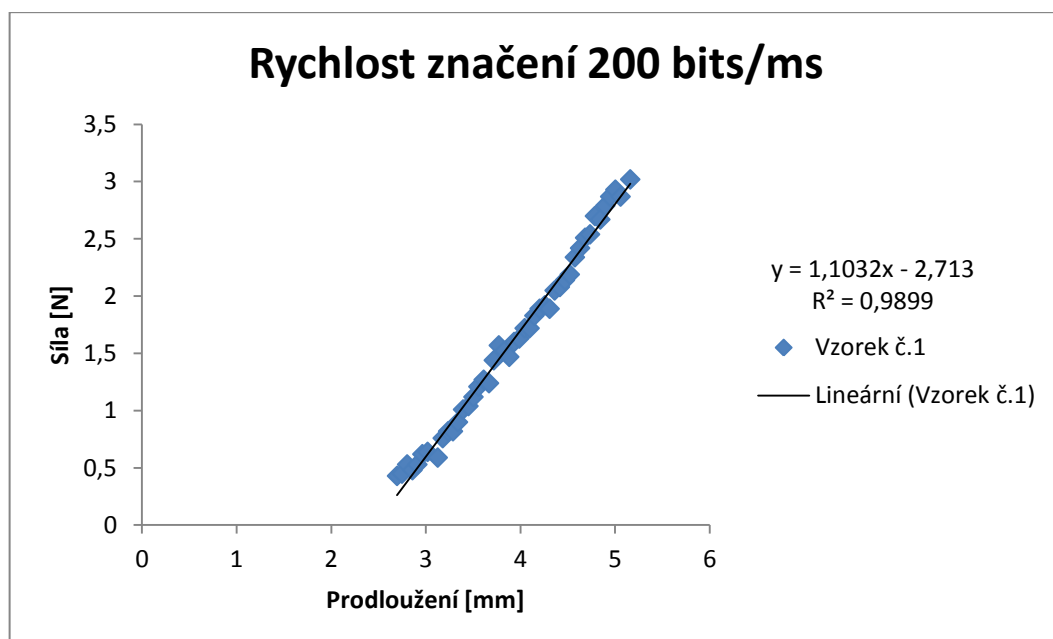
Tab. 61: F22 Procentuální znázornění porozity u dvouvrstvého úpletu č. 12

Rychlost značení [bits/ms]	Porozita [%]	Normalizovaná porozita [%]
Standard 0	26,80251	38,21229132
100	19,35737	27,59776833
90	32,75862	43,01675181
80	30,17241	46,70390686
70	35,89342	51,1731857
60	36,36364	51,84357752
50	57,60188	79,44133159
40	55,721	82,1228989
30	70,14107	100
20	70,14107	100
10	70,14107	100

Zdroj: vlastní zpracování

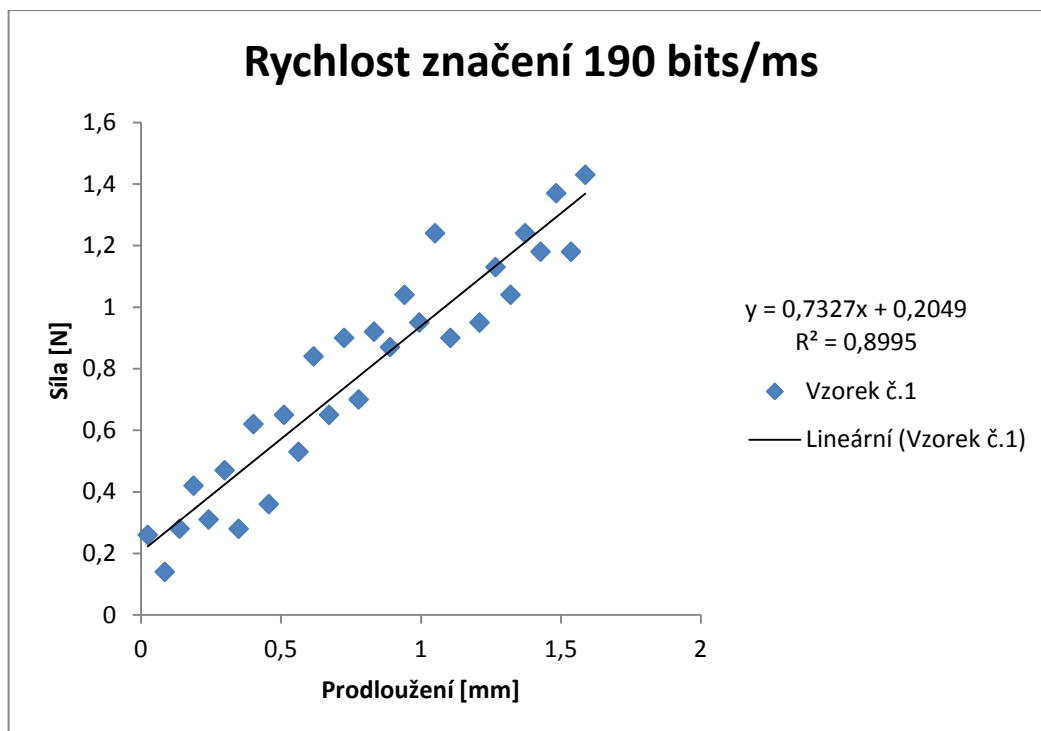
Příloha G

Grafické znázornění průměrné síly potřebné k přetrhu u jednovrstvých tkanin
(viz kapitola 3.6.1)



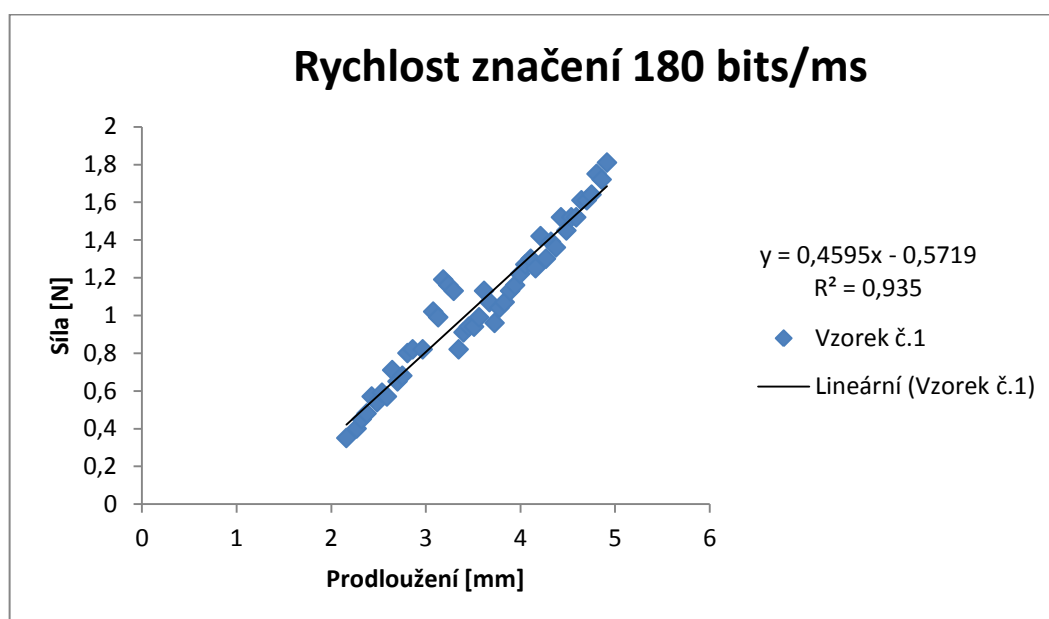
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 134: G1 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



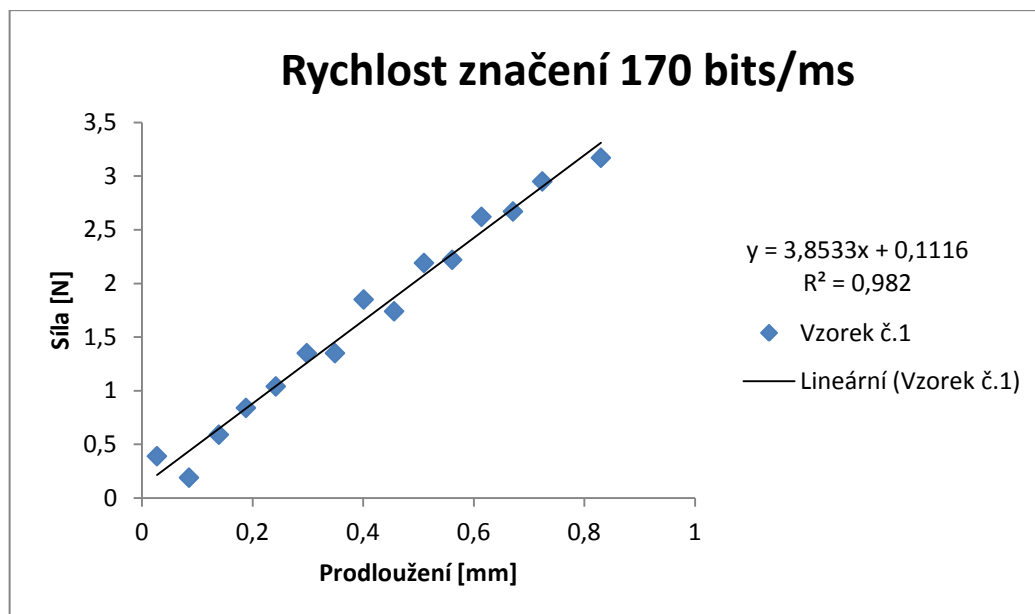
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 134: G2 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



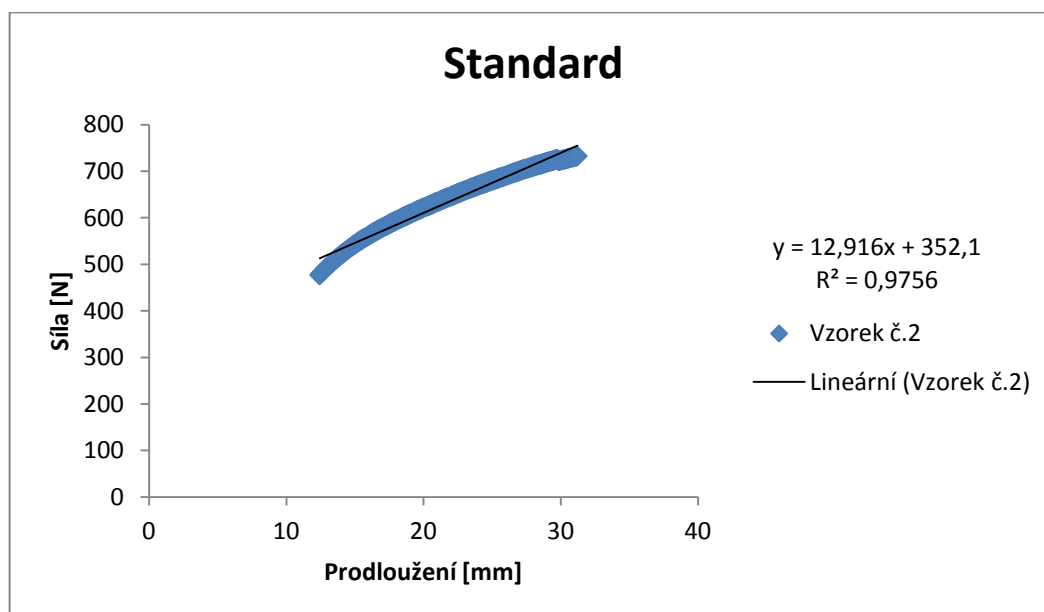
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 135: G3 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



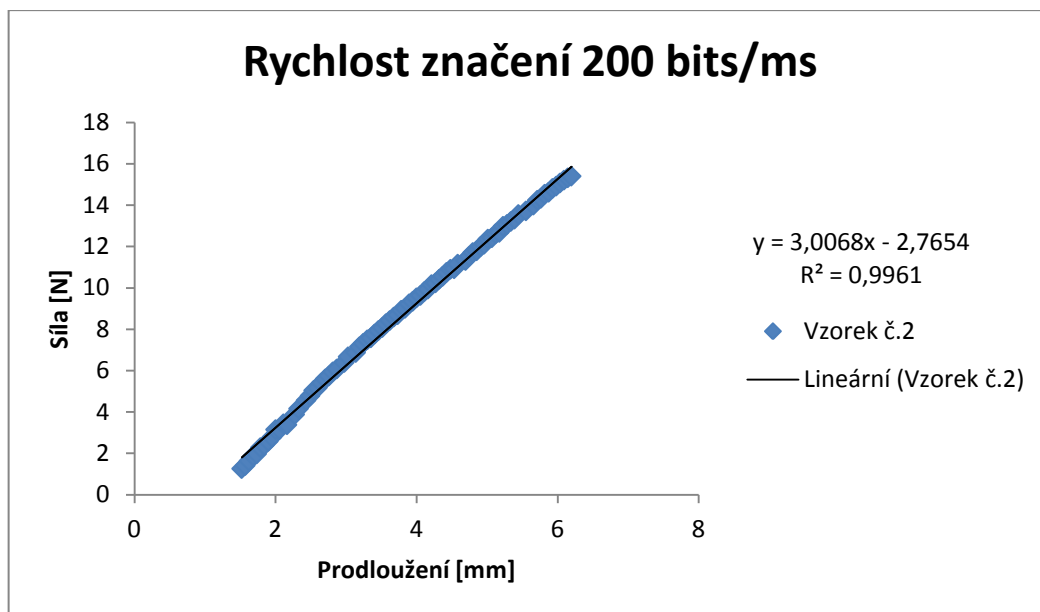
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 136: G4 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



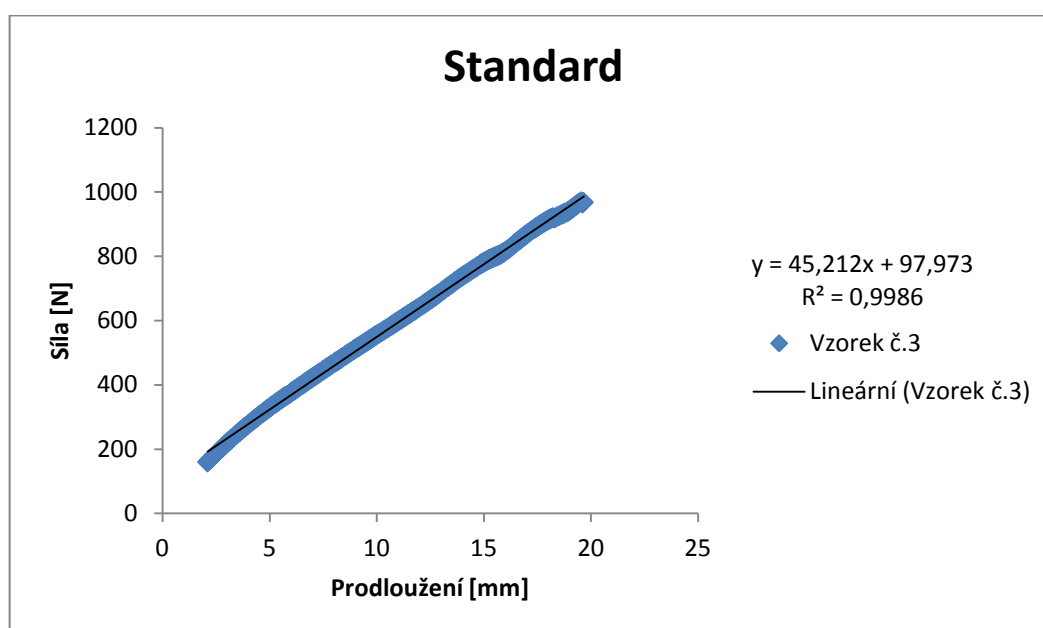
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 137: G5 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 2



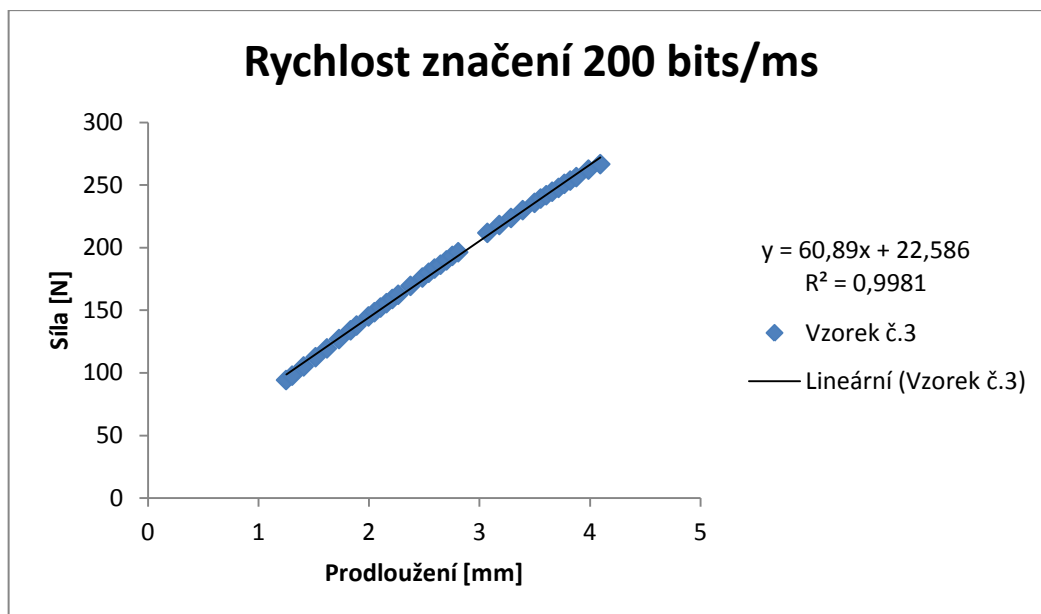
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 138: G6 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 2



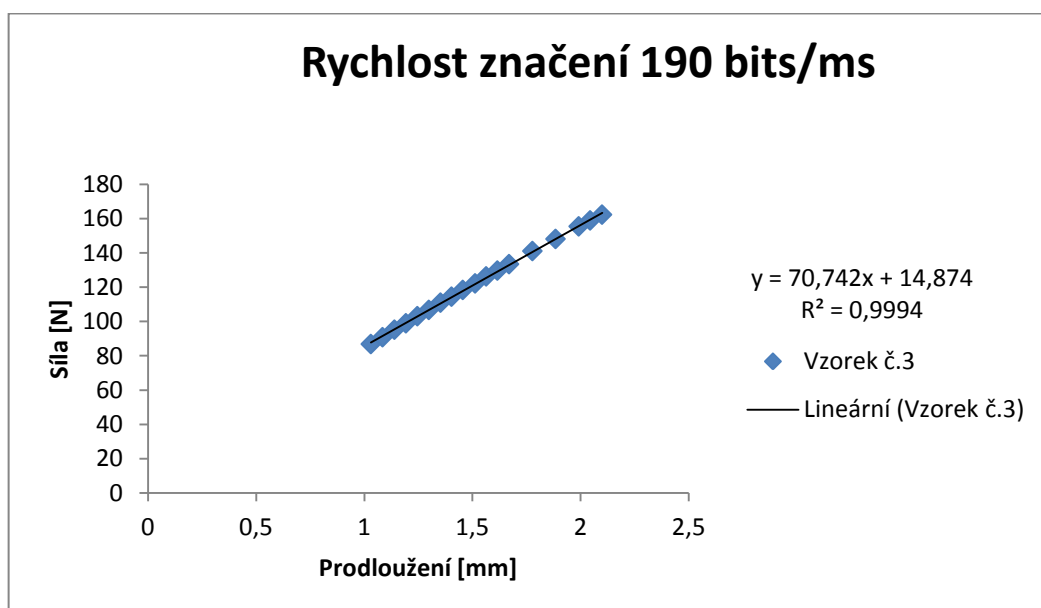
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 139: G7 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



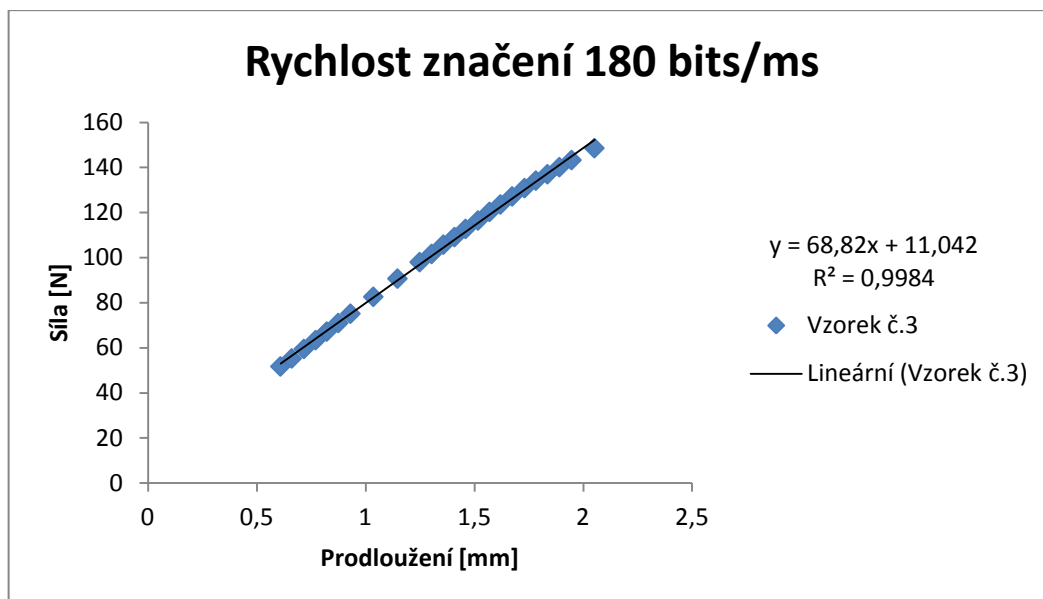
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 140: G8 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



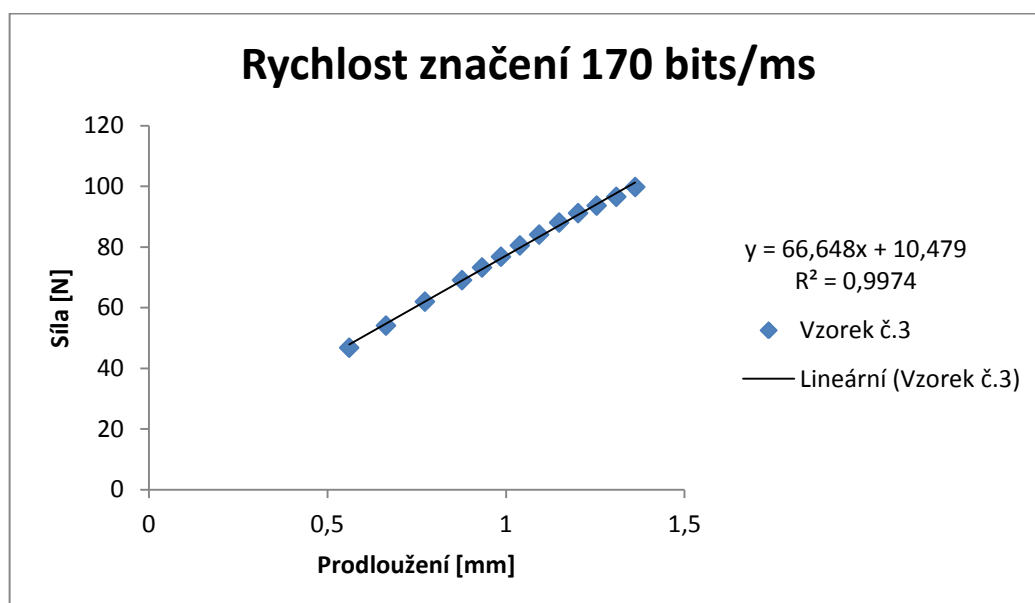
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 141: G9 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



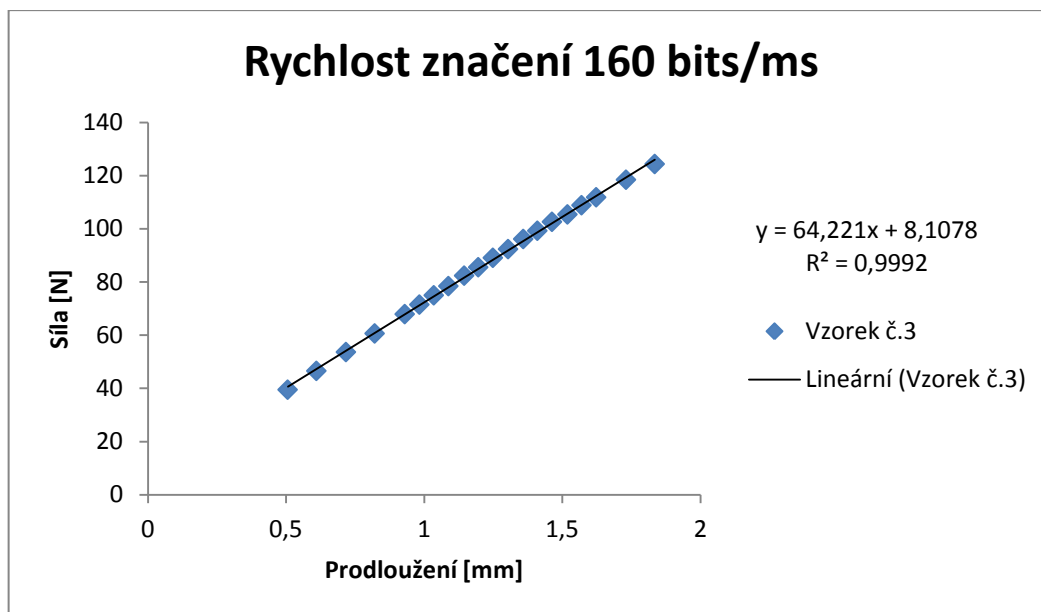
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 142: G10 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



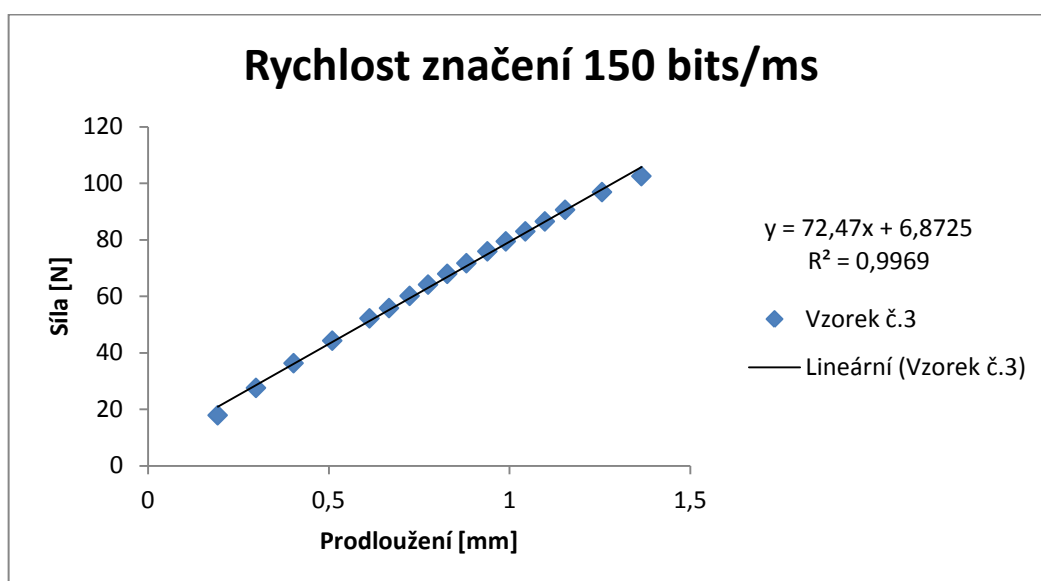
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 143: G11 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



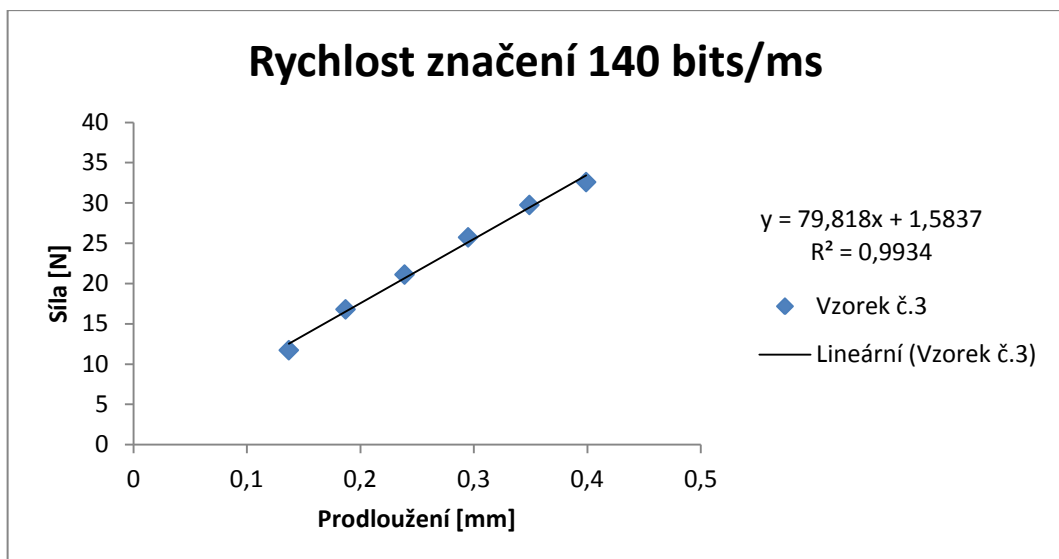
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 144: G12 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



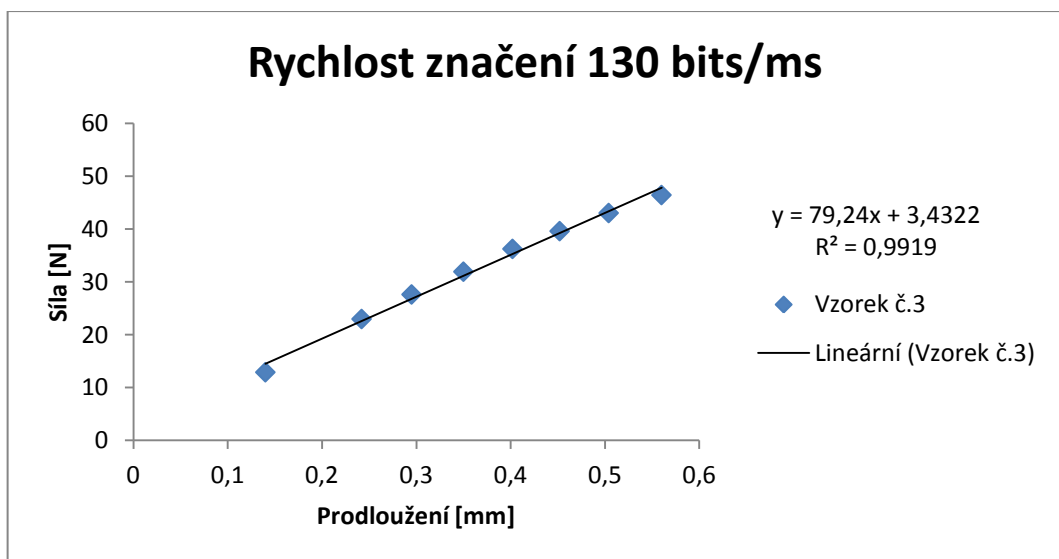
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 145: G13 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



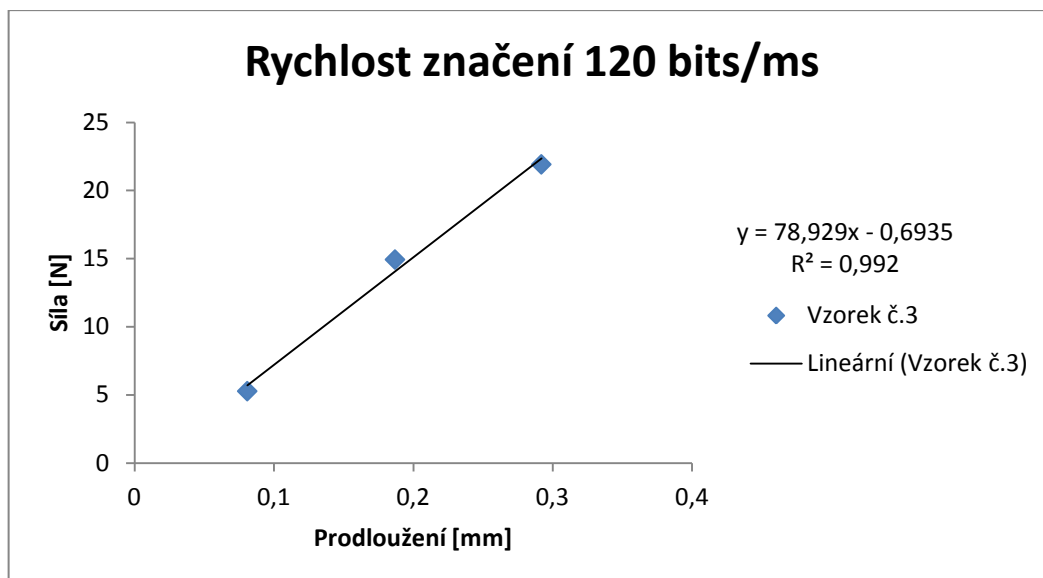
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 146: G14 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



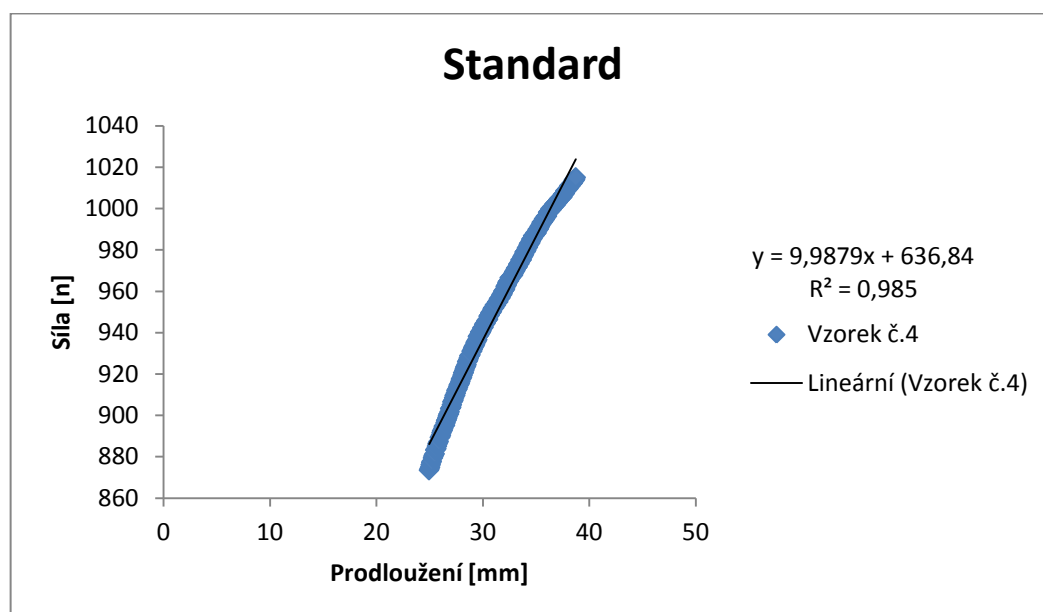
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 147: G15 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



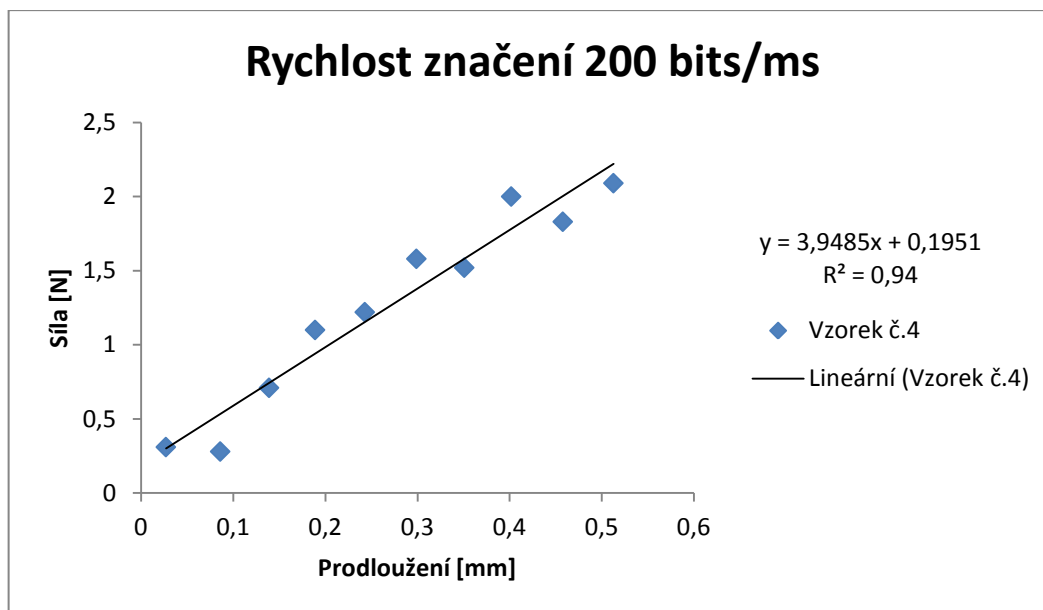
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 148: G16 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



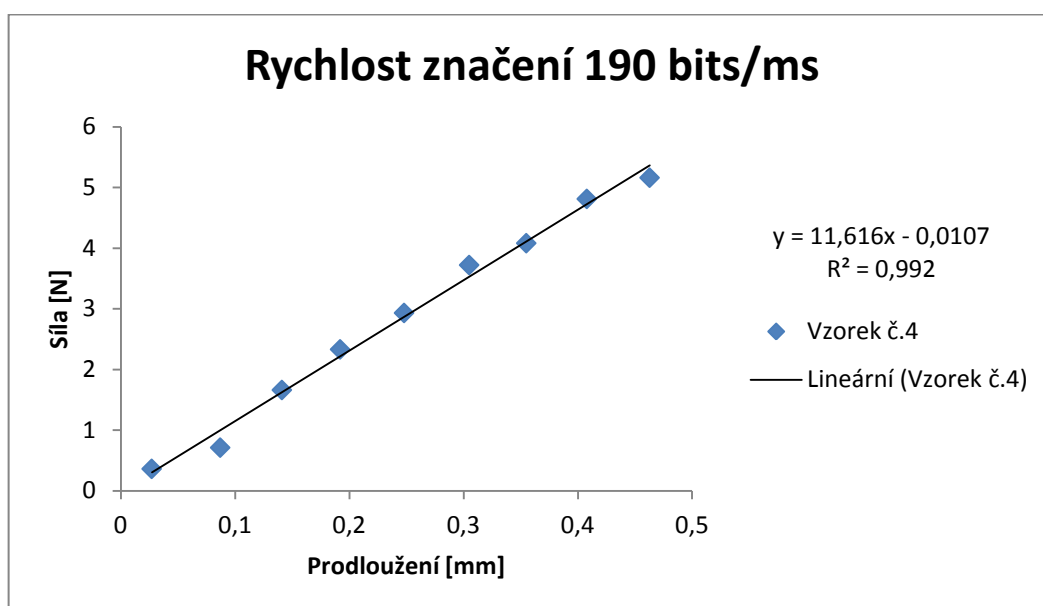
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 149: G17 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 4



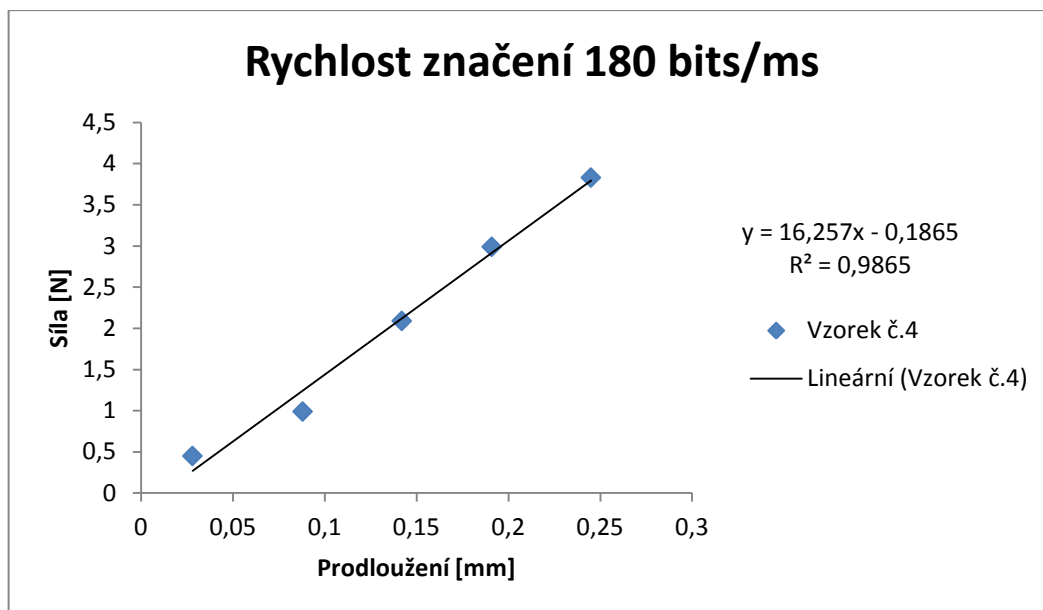
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 150: G18 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 4



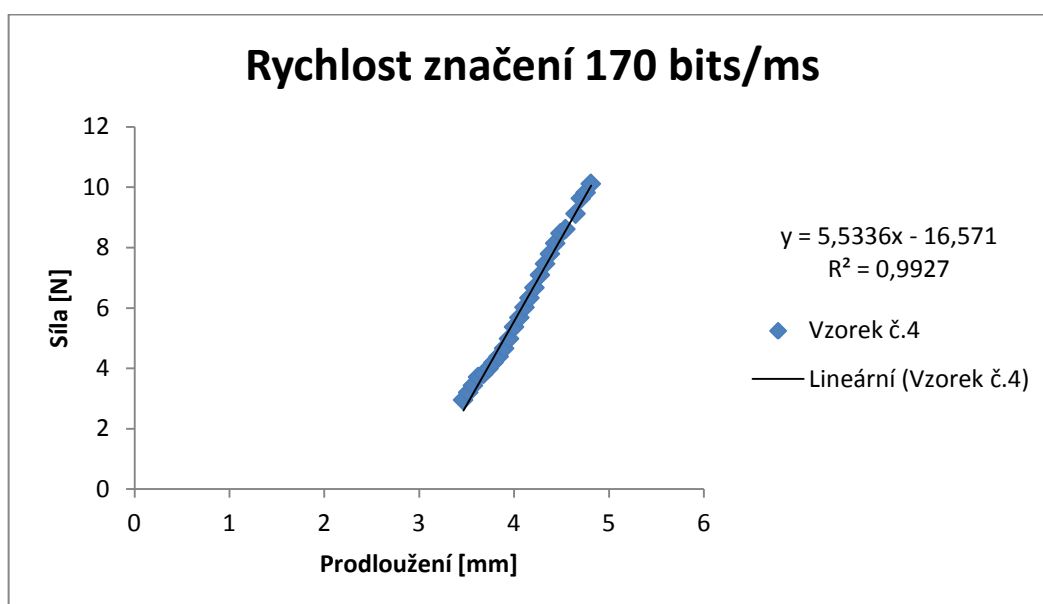
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 151: G19 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 4



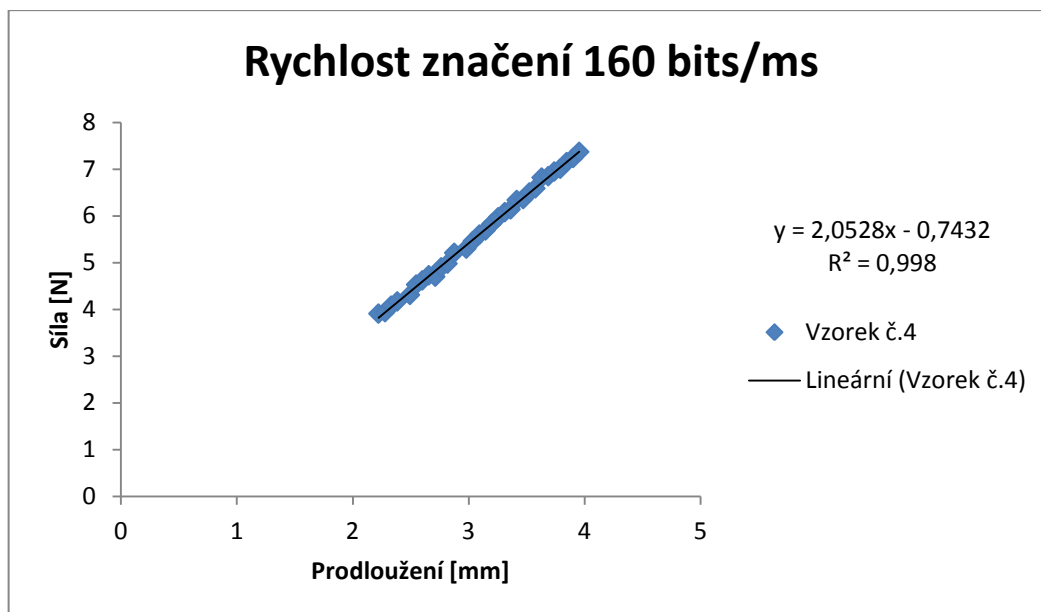
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 152: G20 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 4



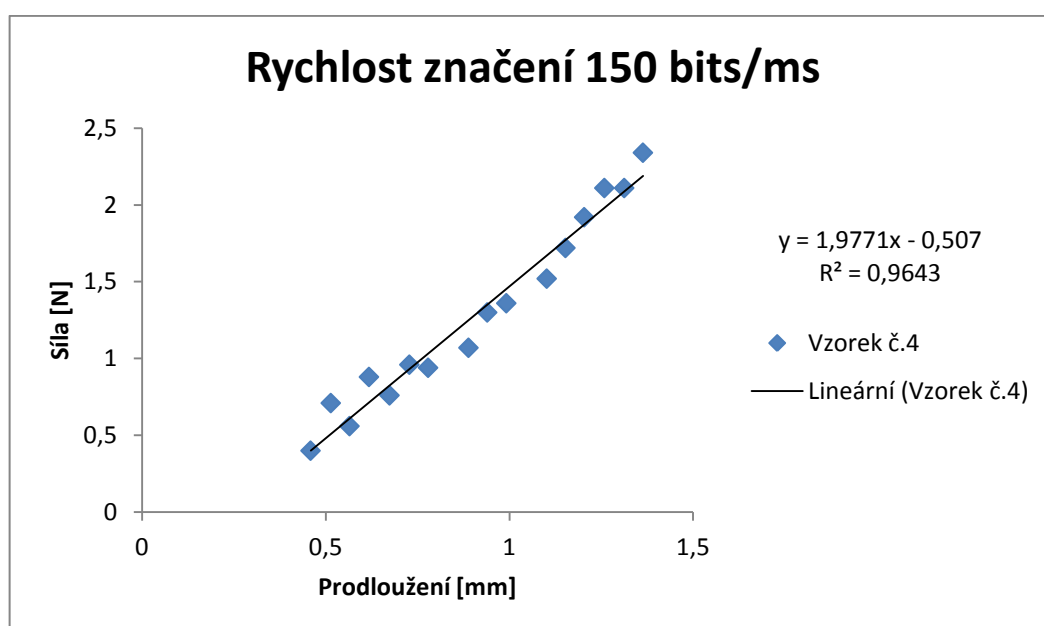
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 153: G21 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 4



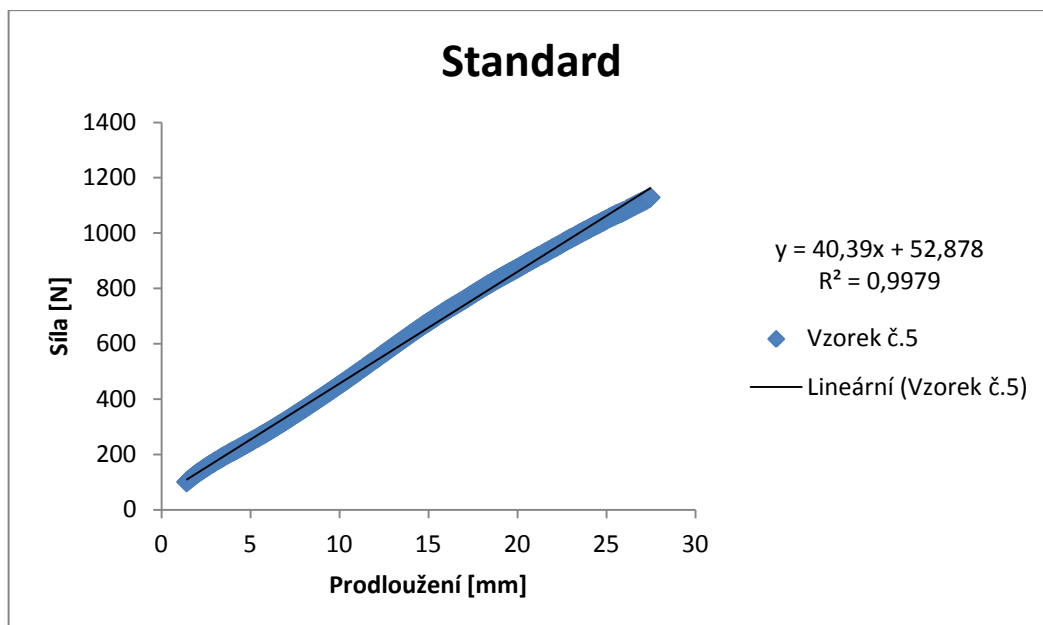
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 154: G22 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 4



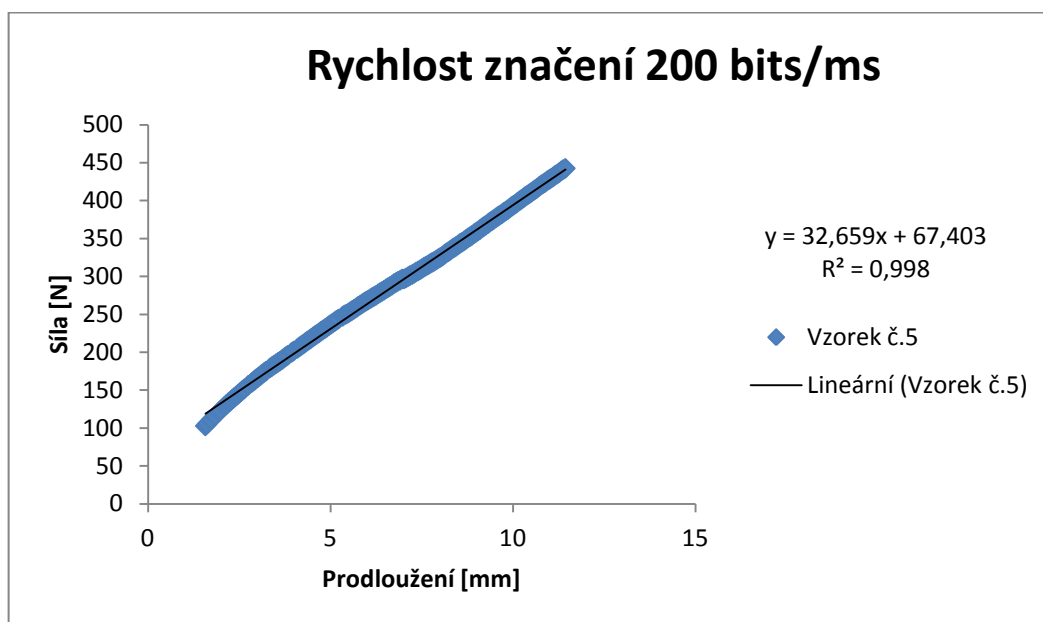
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 155: G23 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 4



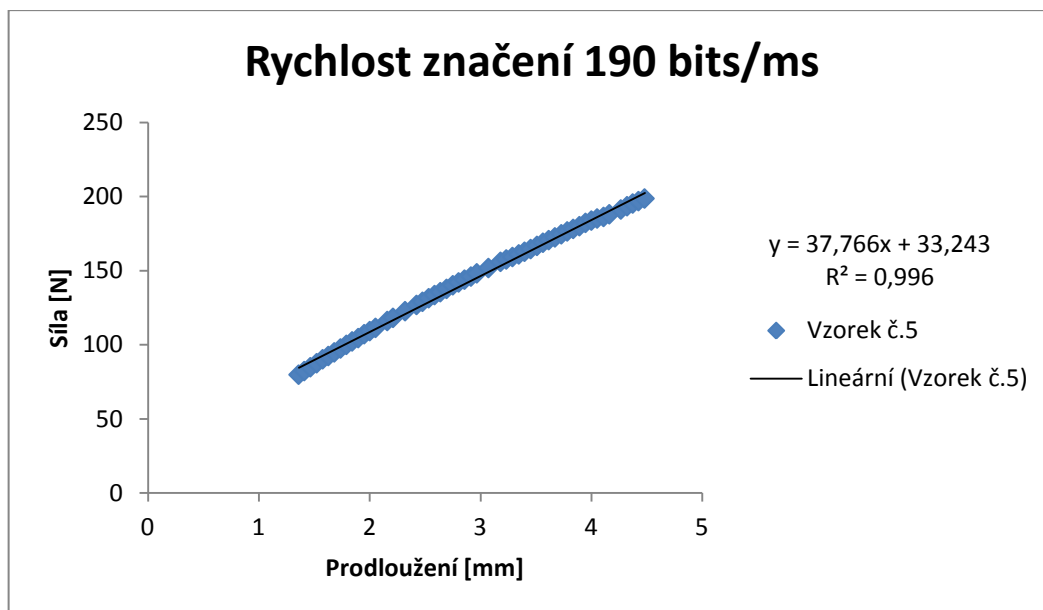
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 156: G24 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 5



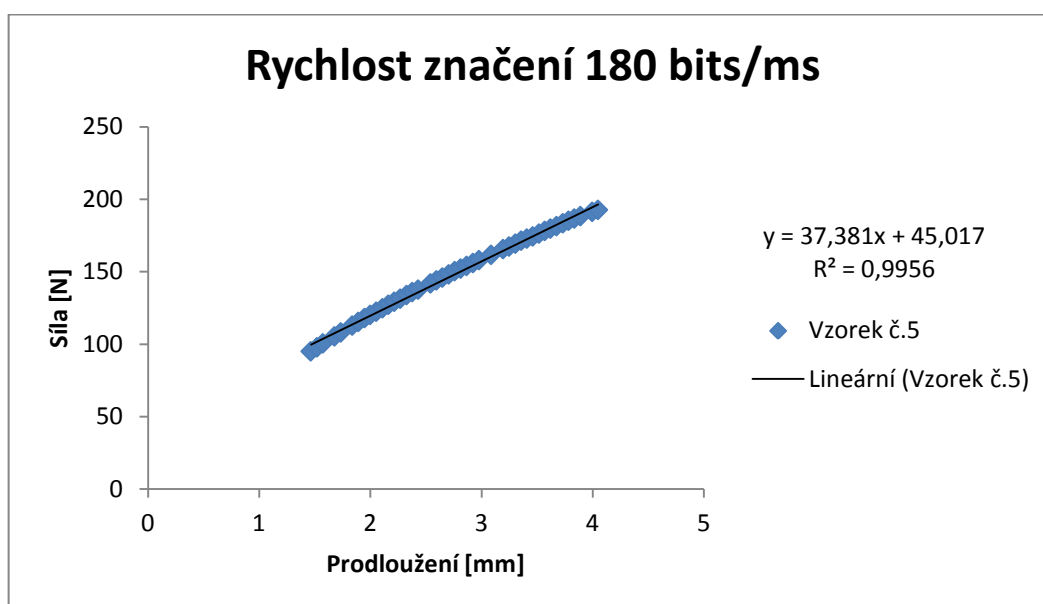
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 157: G25 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 5



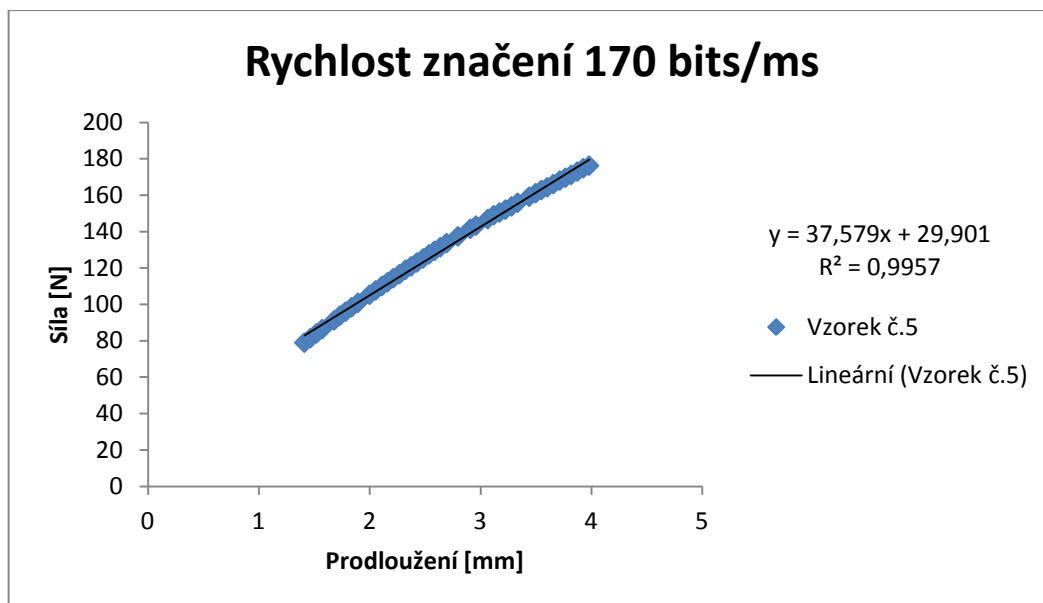
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 158: G26 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 5



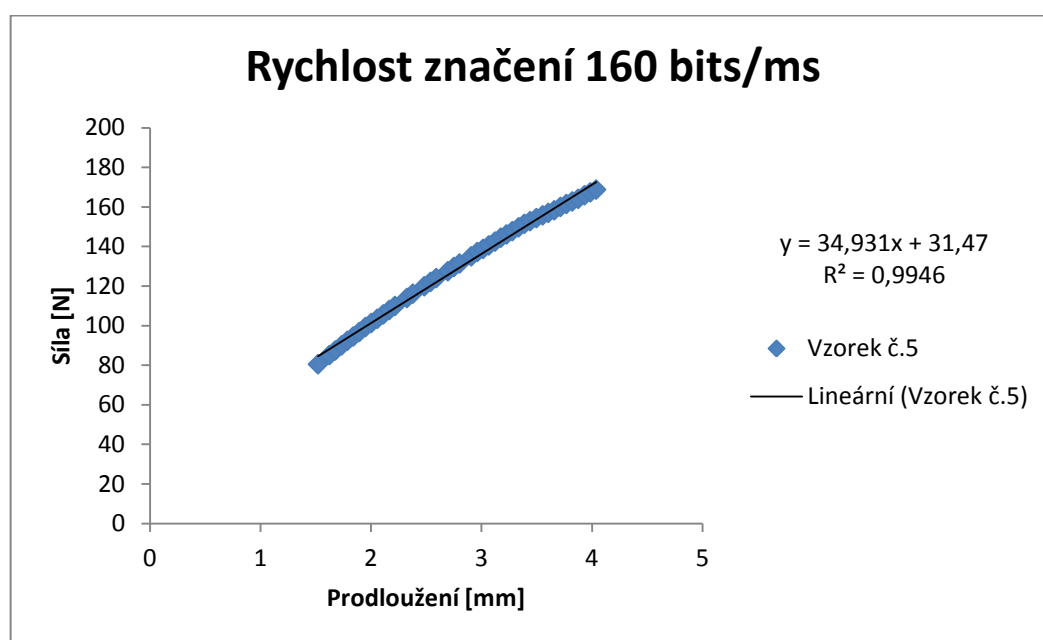
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 159: G27 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 5



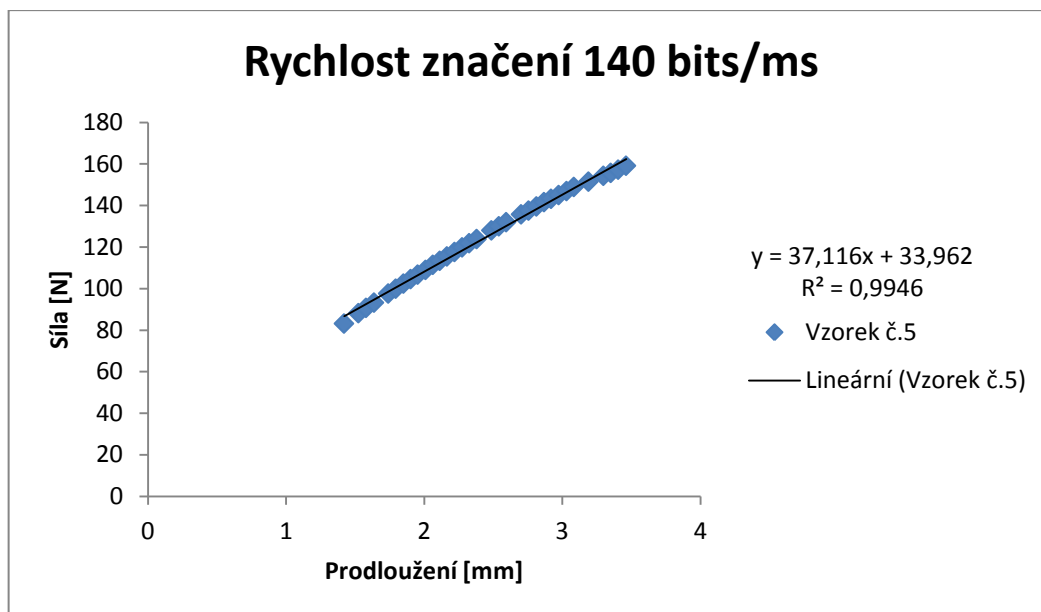
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 160: G28 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 5



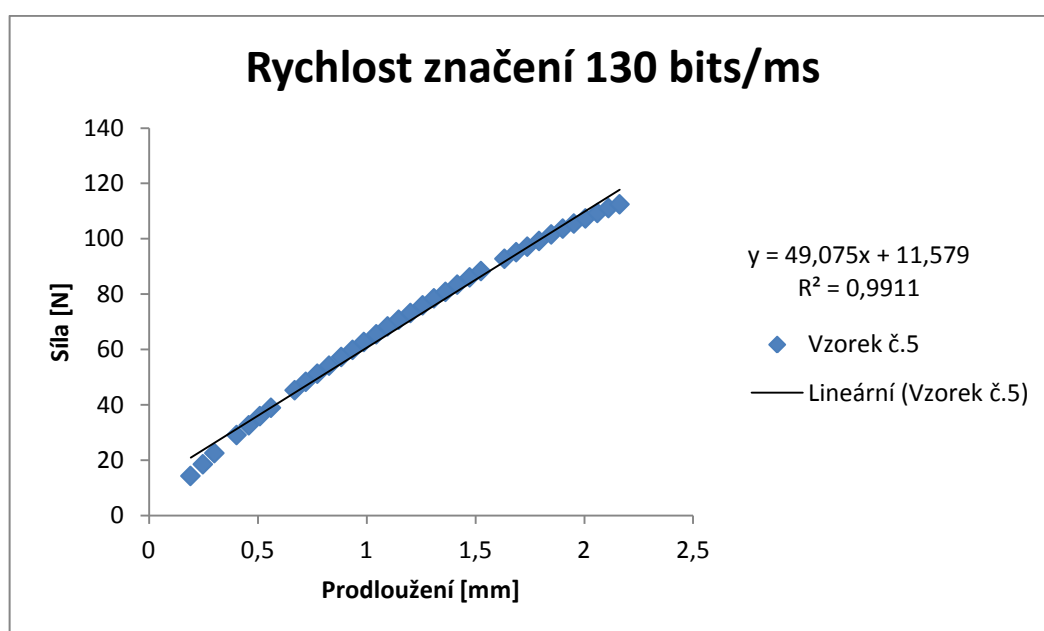
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 161: G29 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 5



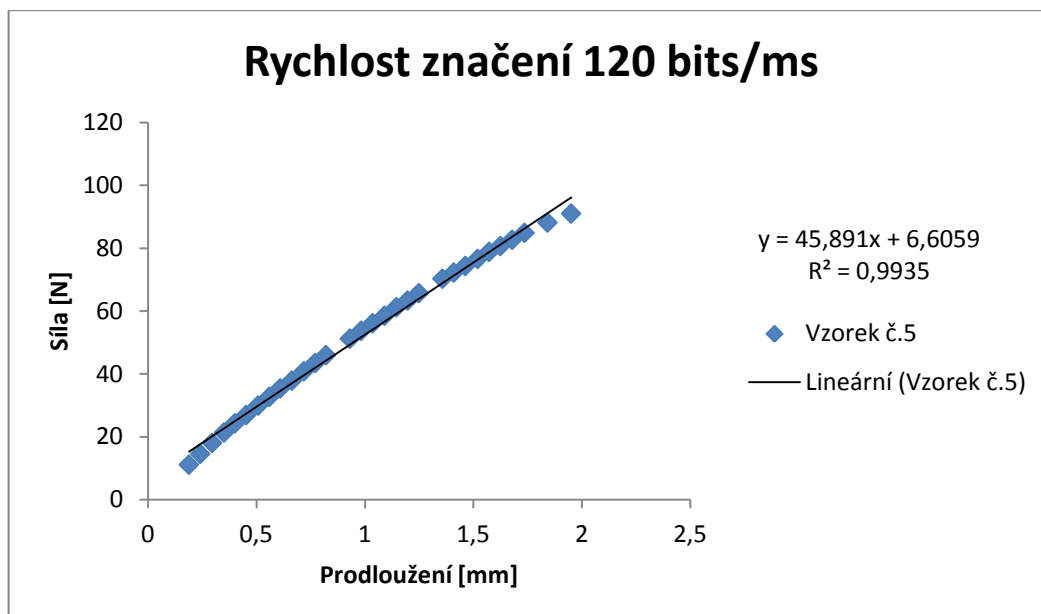
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 162: G30 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 5



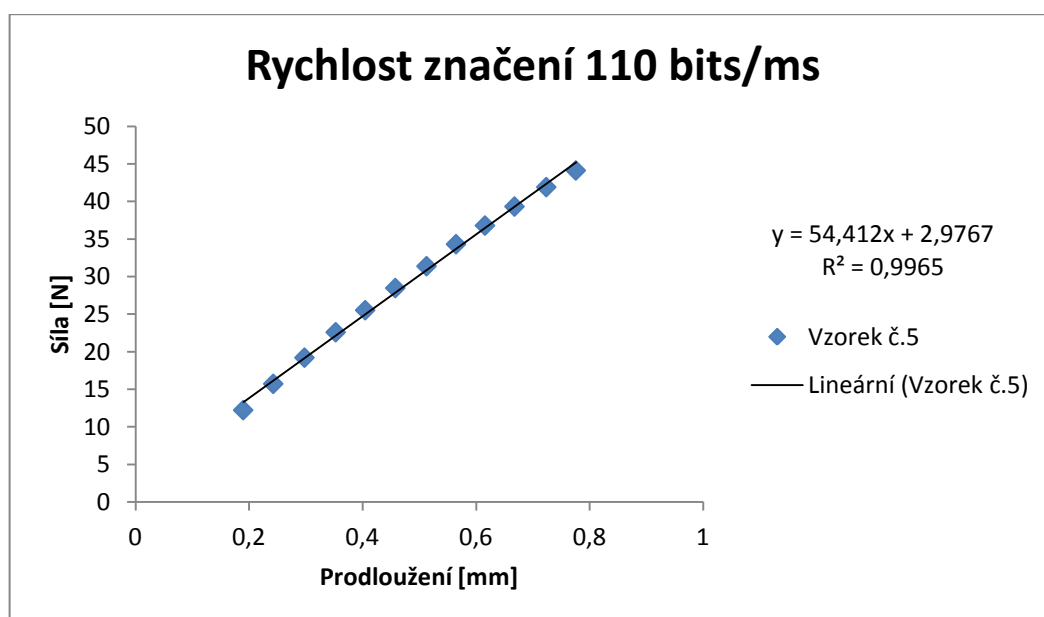
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 163: G31 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 5



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 164: G32 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 5

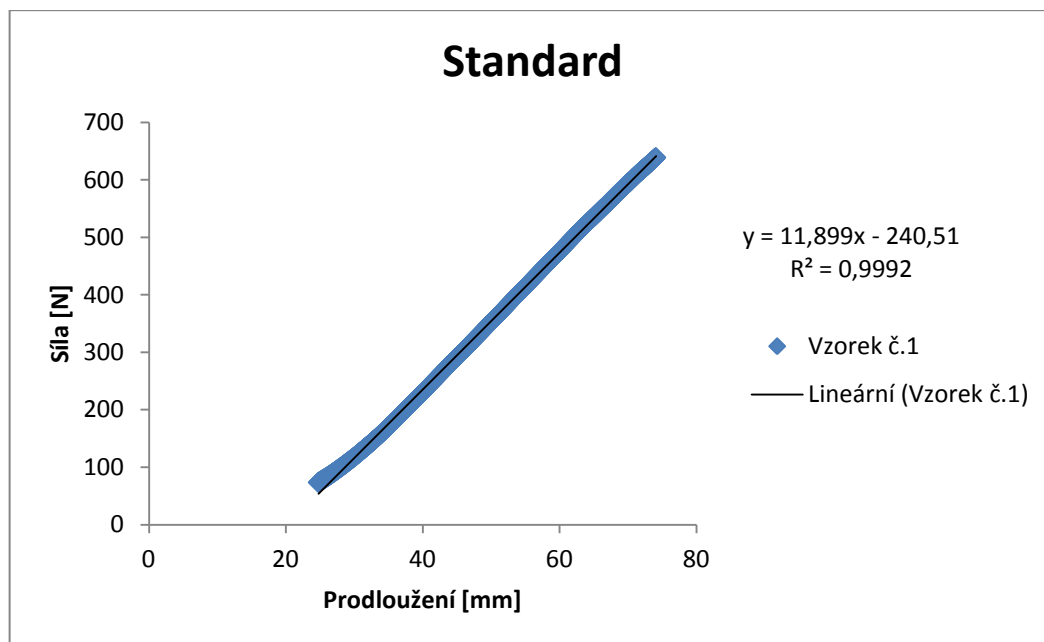


Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 165: G33 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 5

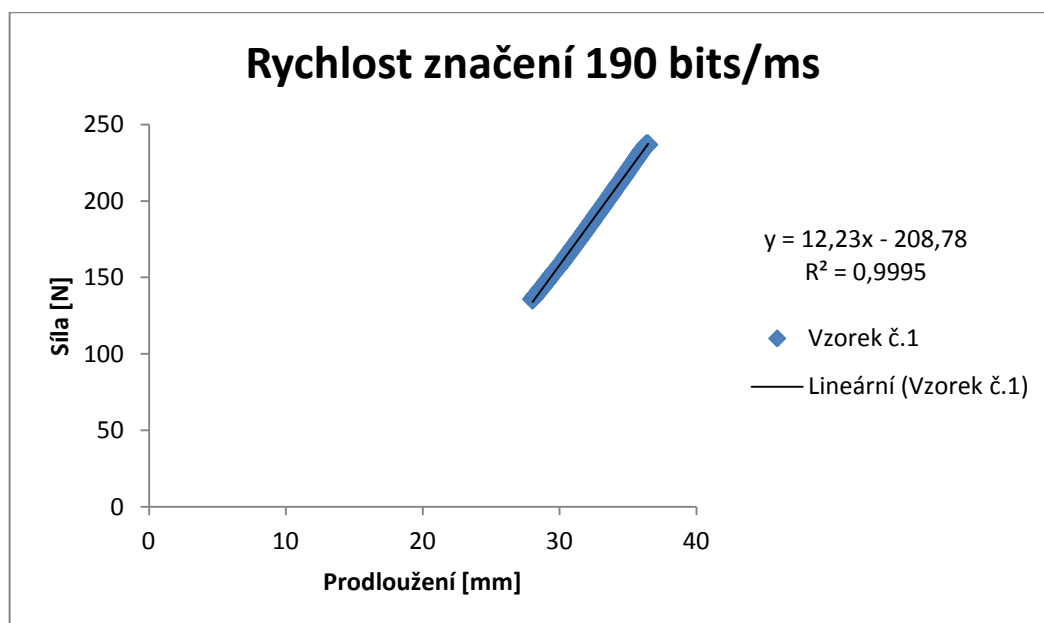
Příloha H

Grafické znázornění průměrné síly potřebné k přetrhu u jednovrstvých úpletů (viz kapitola 3.6.1)



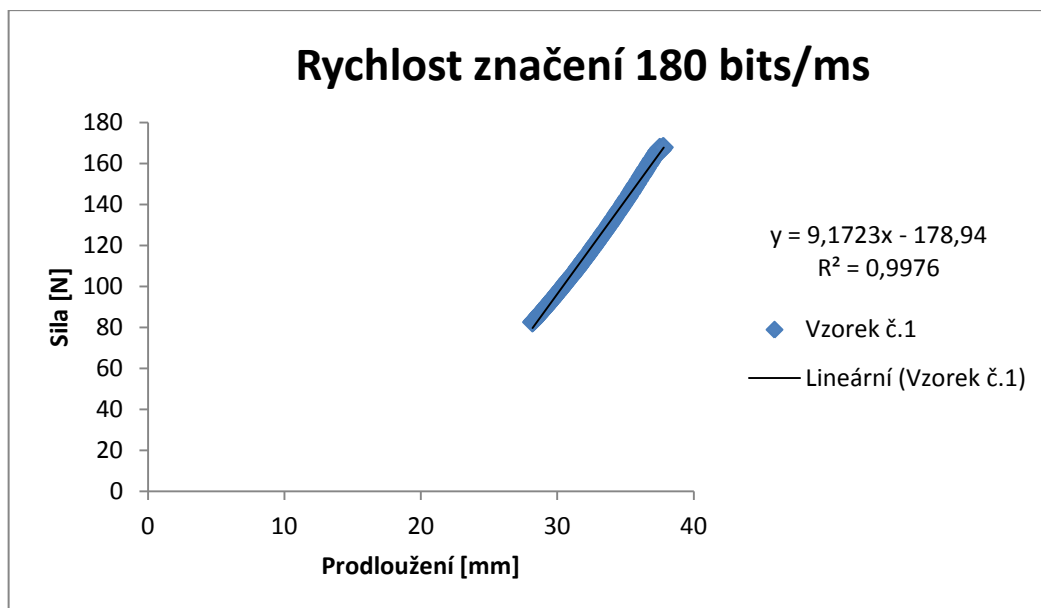
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 166: H34 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



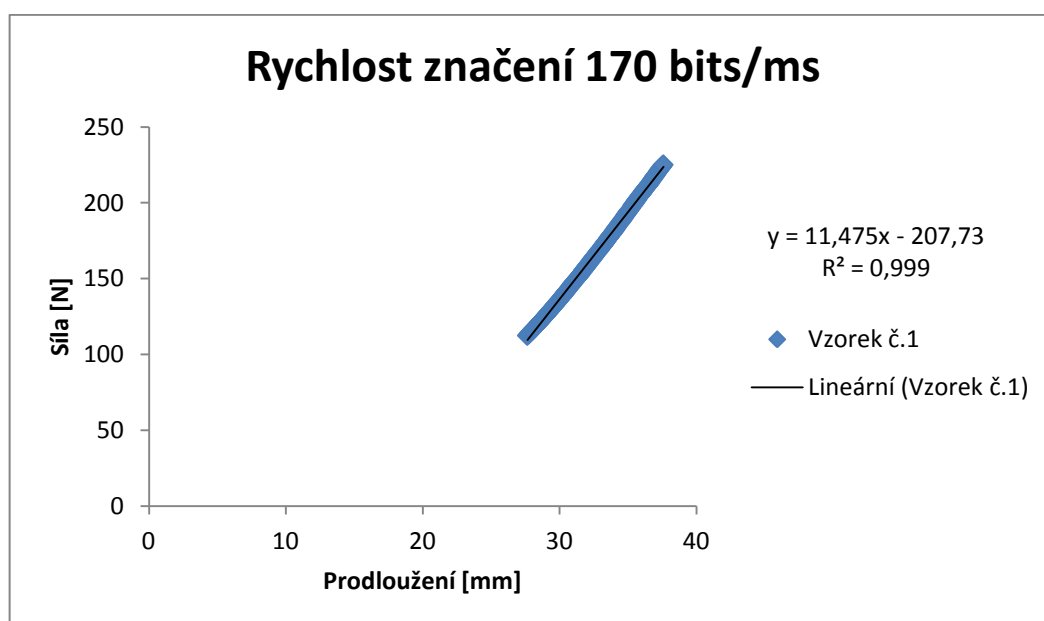
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 167: H35 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



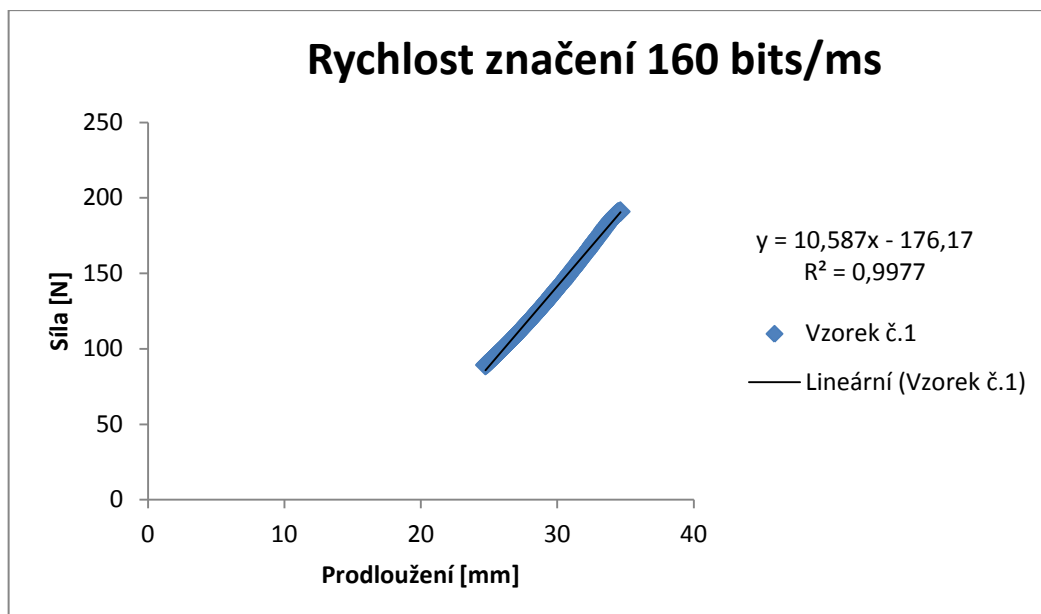
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 168: H36 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



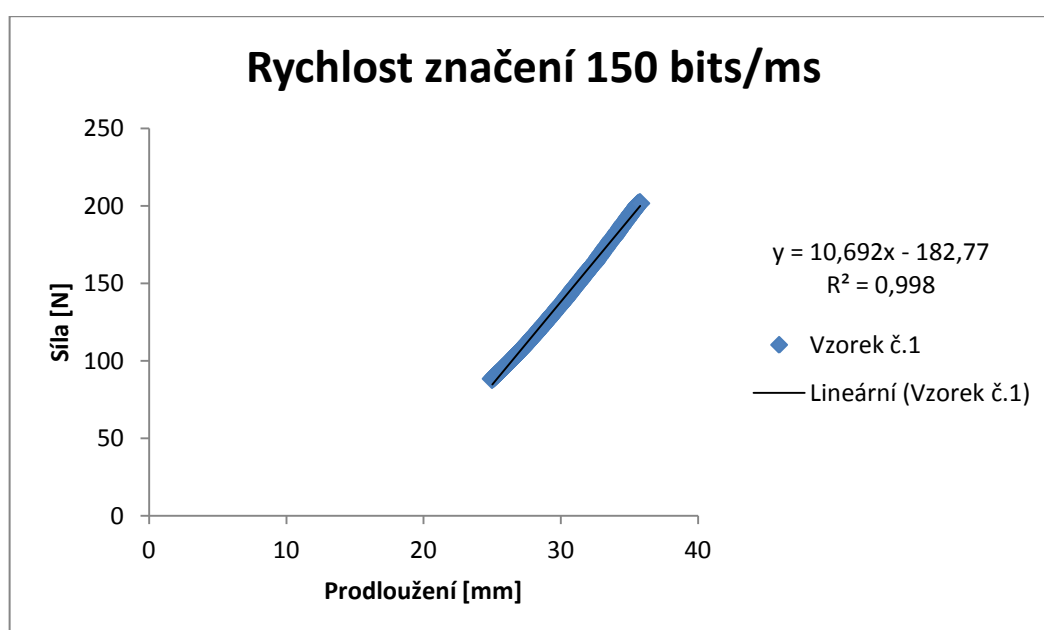
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 169: H37 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



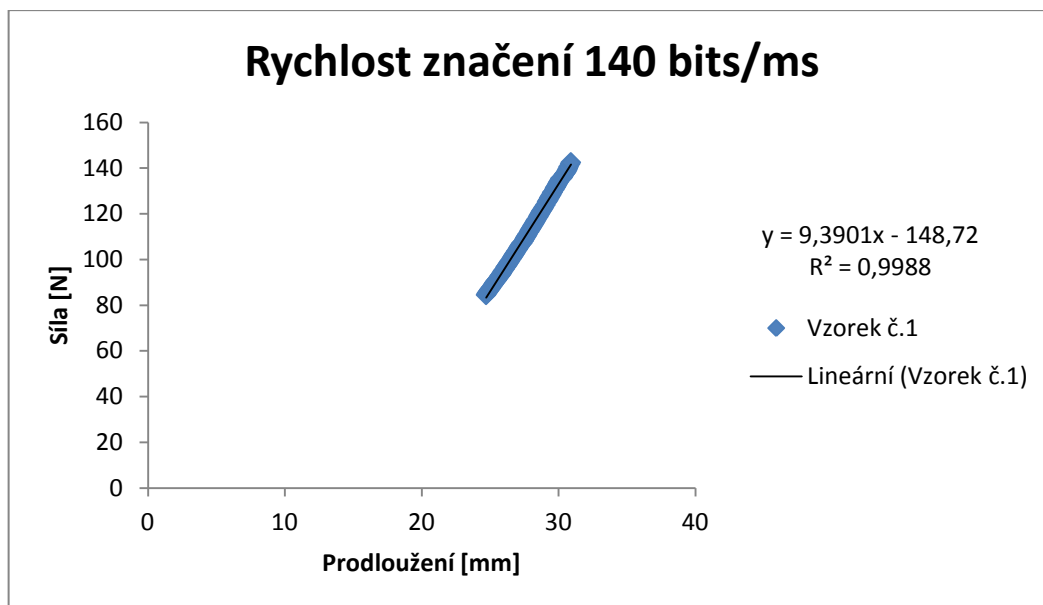
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 170: H38 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



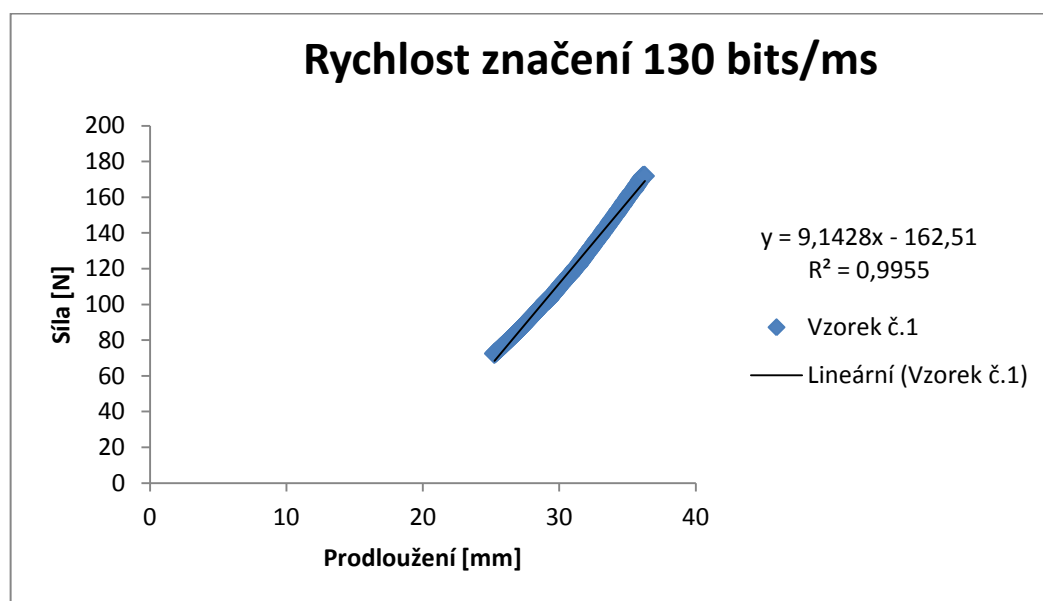
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 171: H39 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



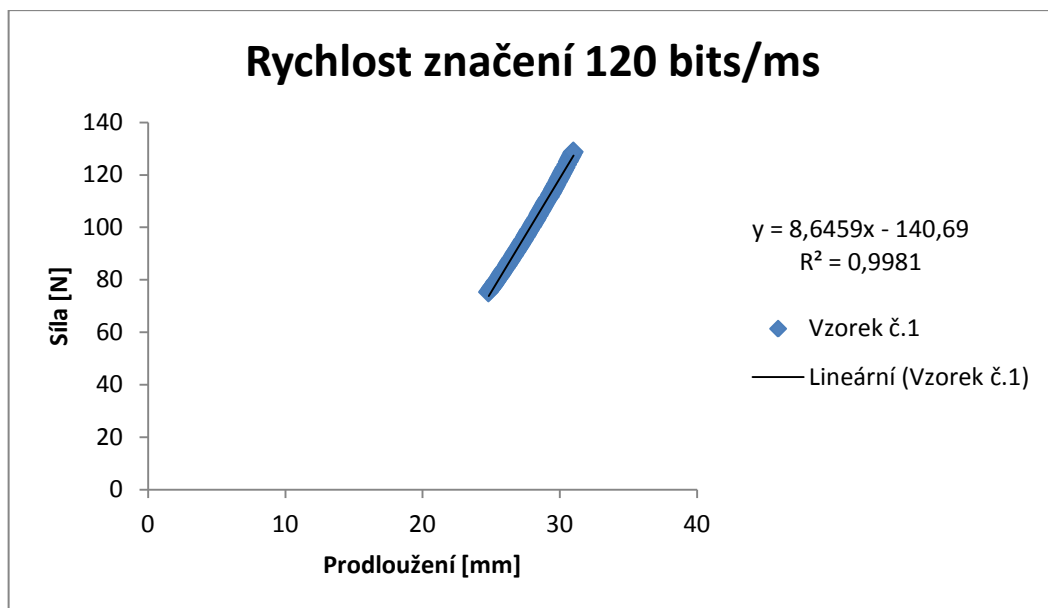
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 172: H40 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



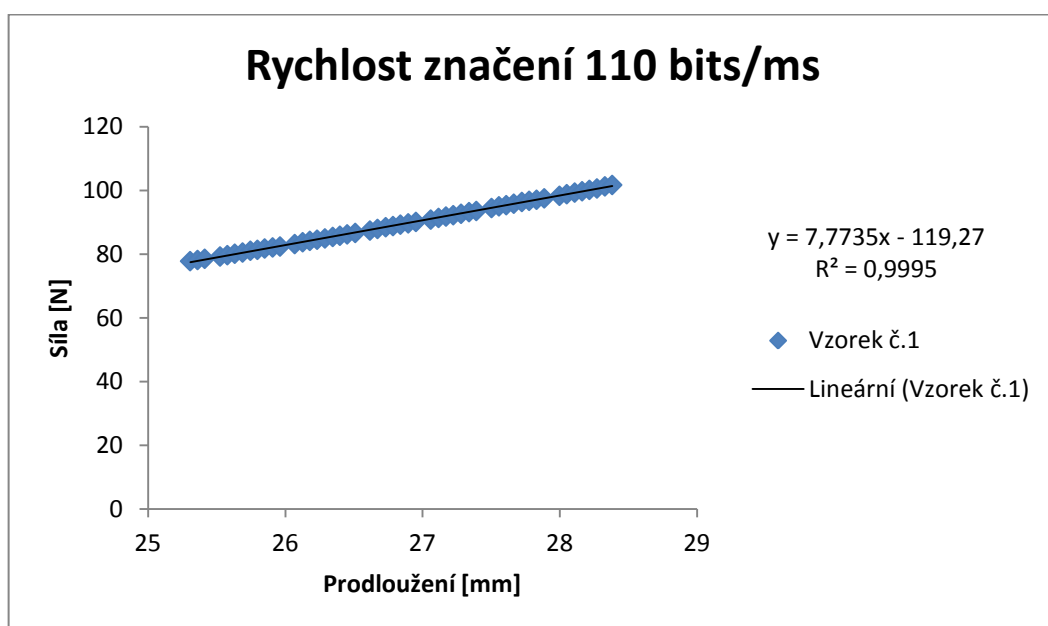
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 173: H41 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



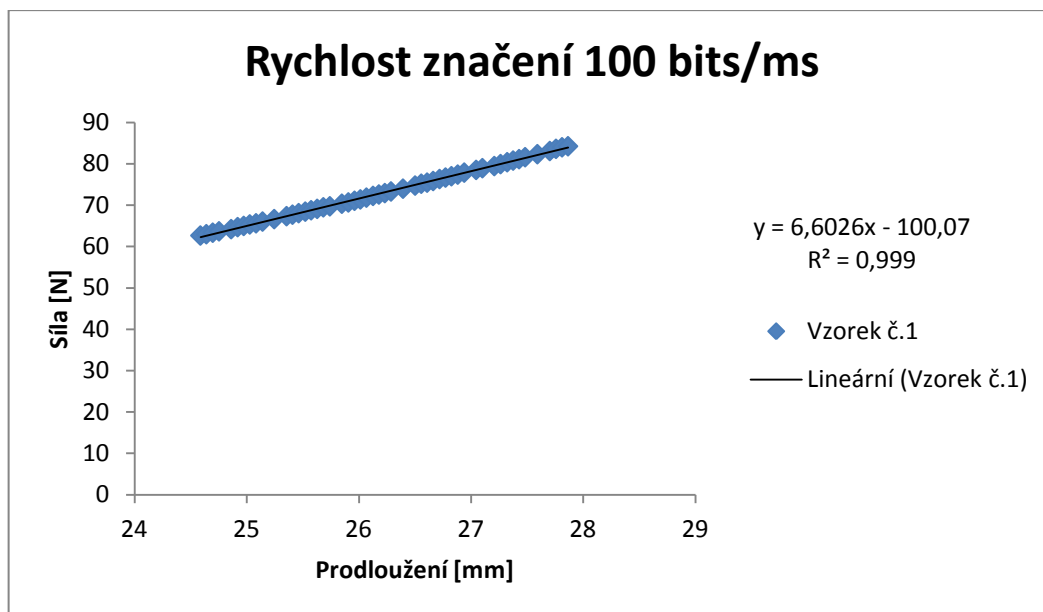
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 174: H42 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



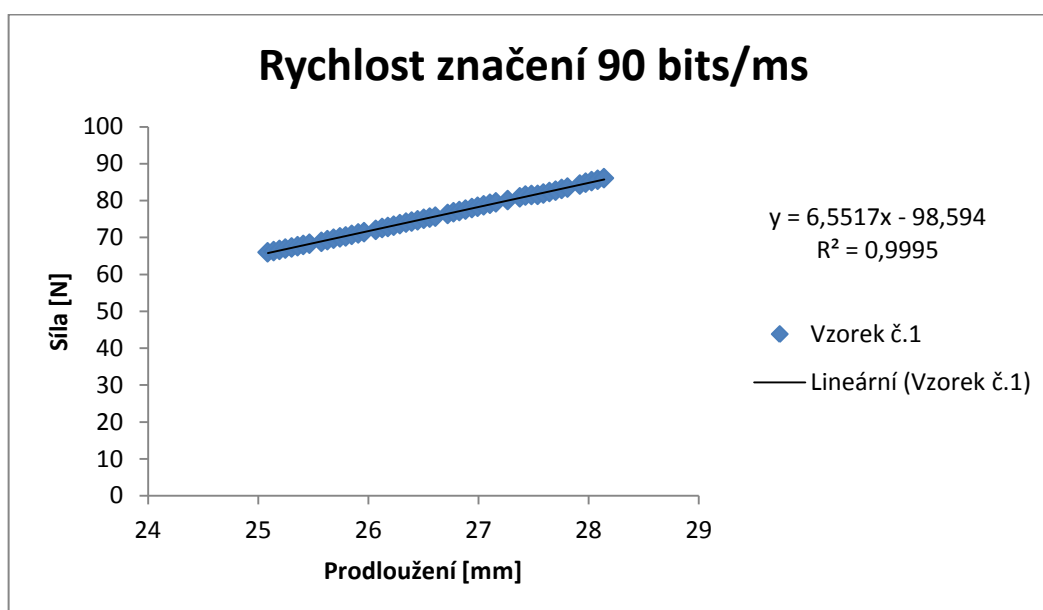
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 175: H43 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



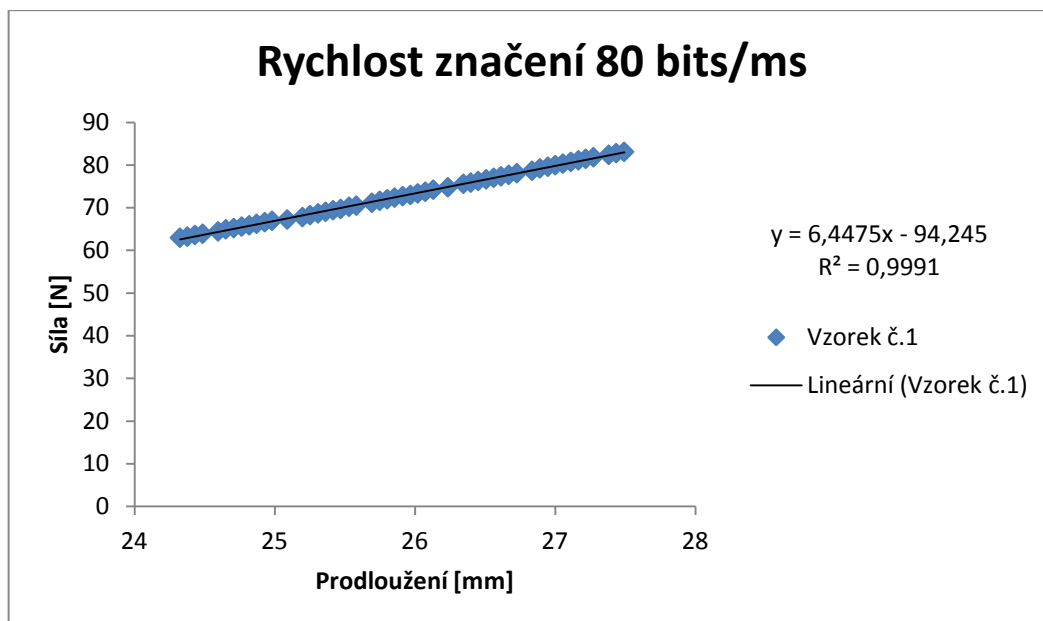
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 176: H44 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



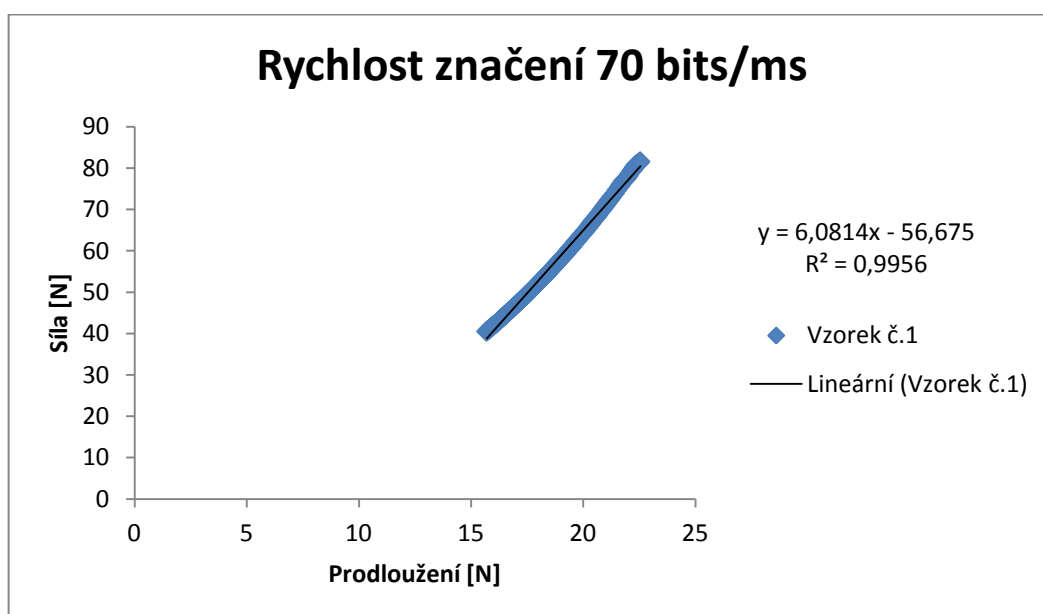
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 177: H45 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



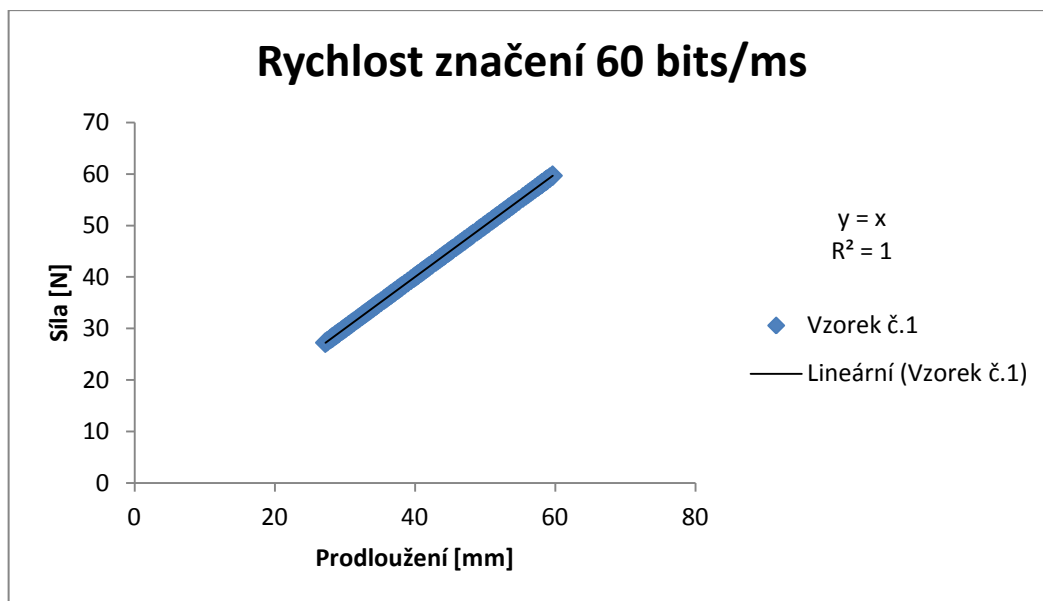
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 178: H46 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



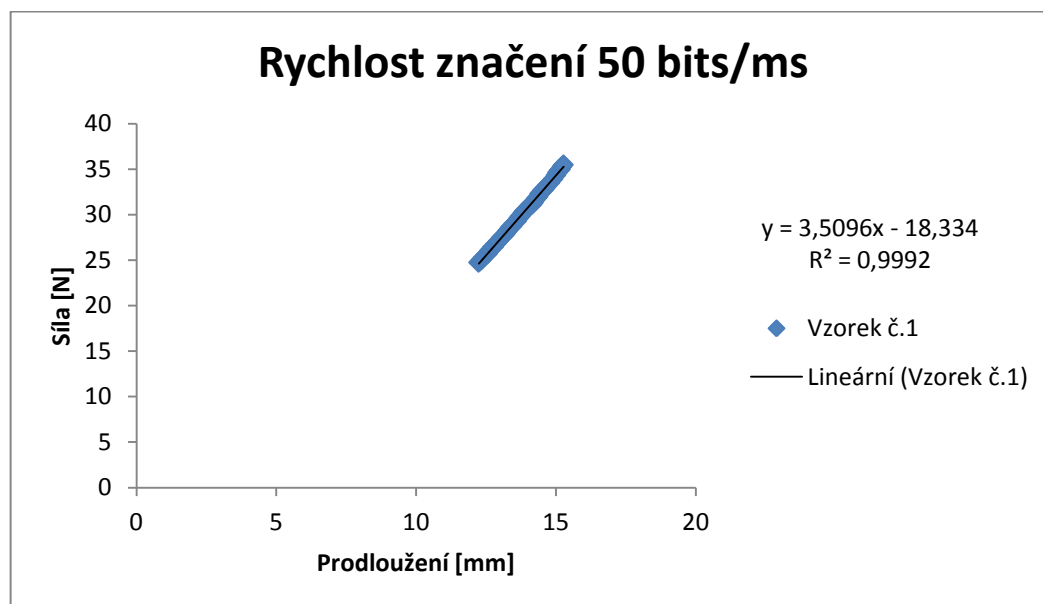
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 179: H47 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



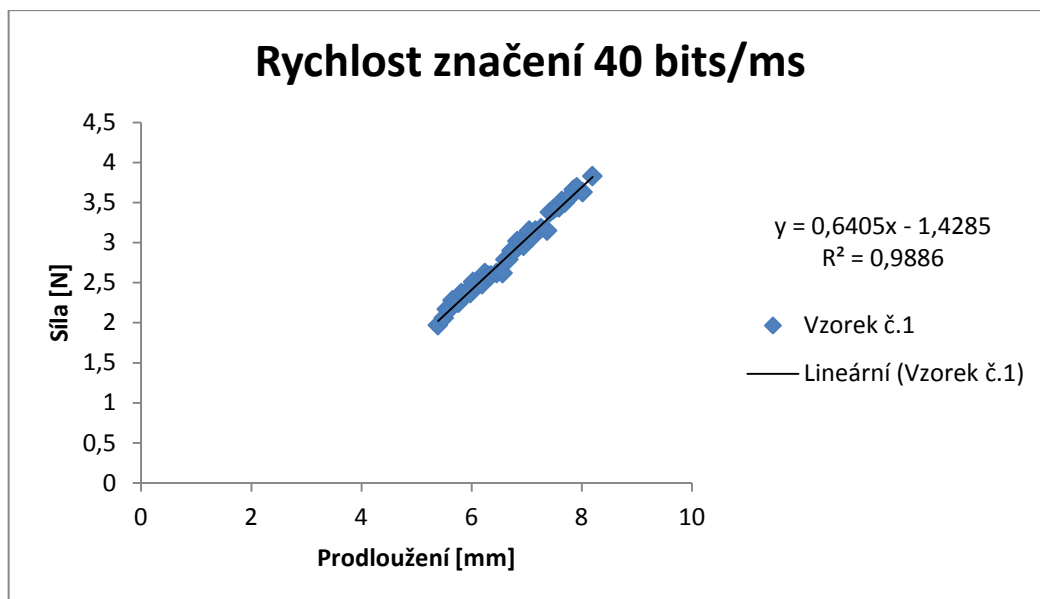
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 180: H48 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



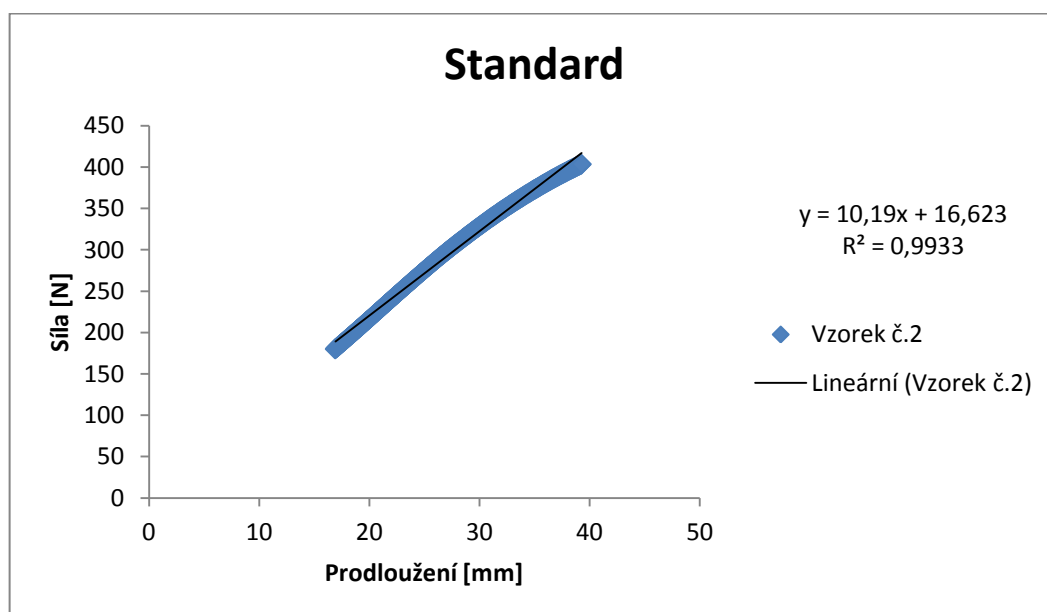
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 181: H49 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



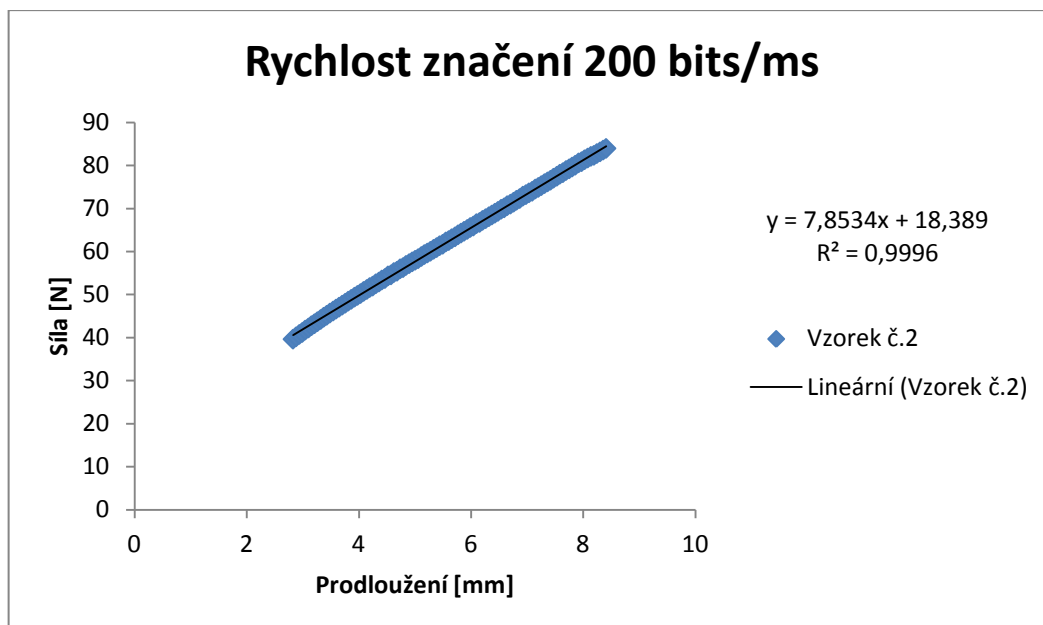
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 182: H50 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 1



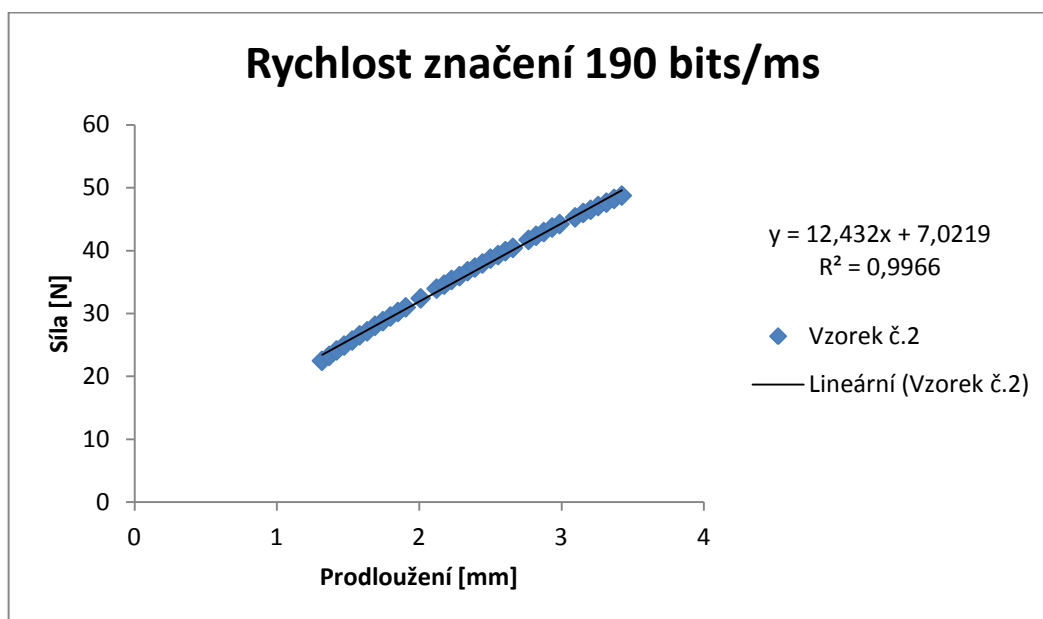
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 183: H51 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 2



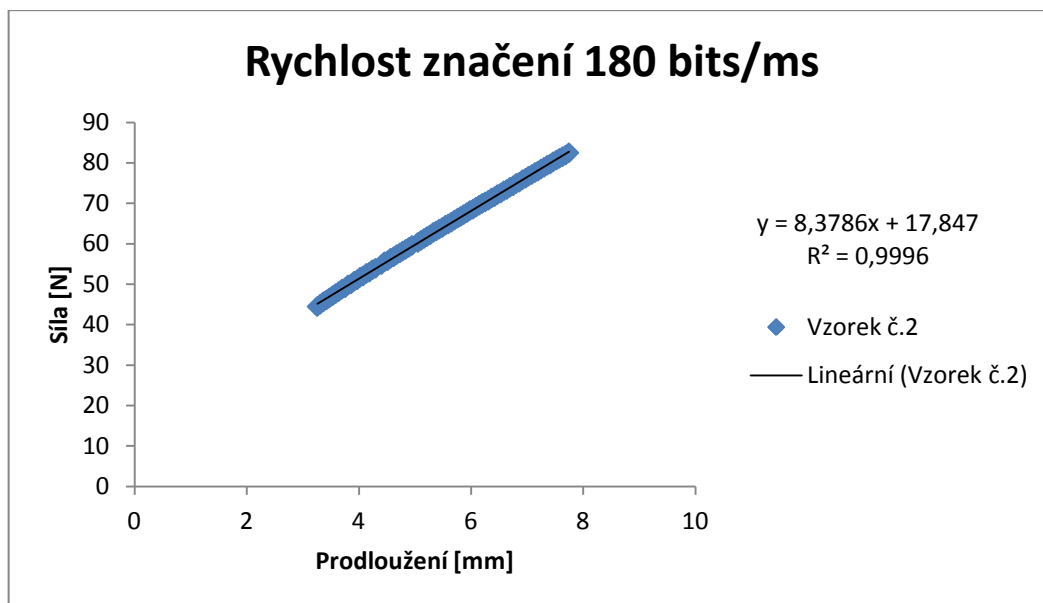
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 184: H52 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 2



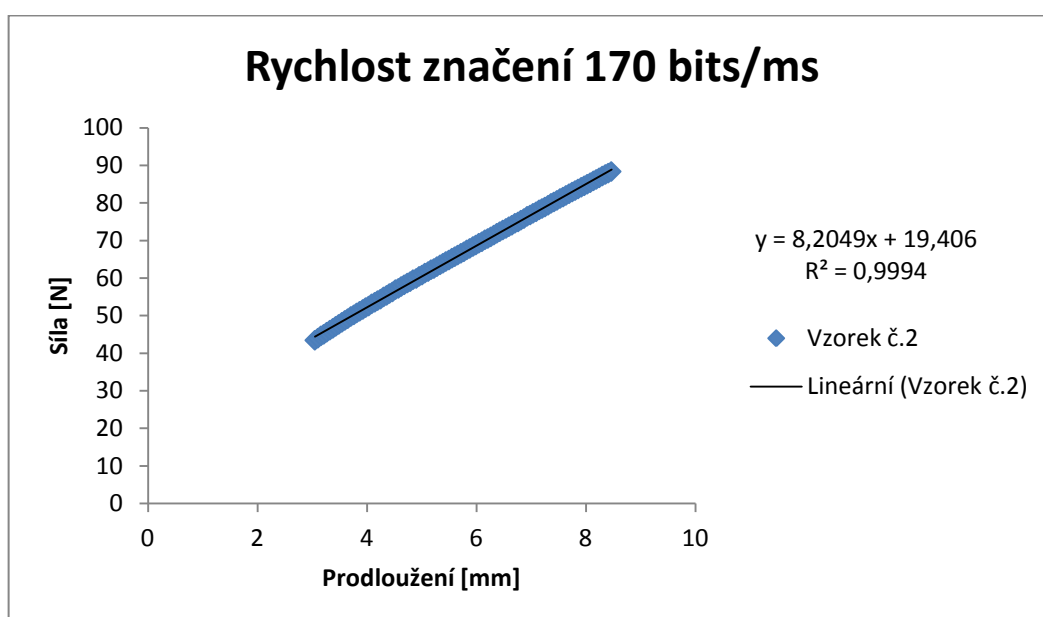
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 185: H53 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 2



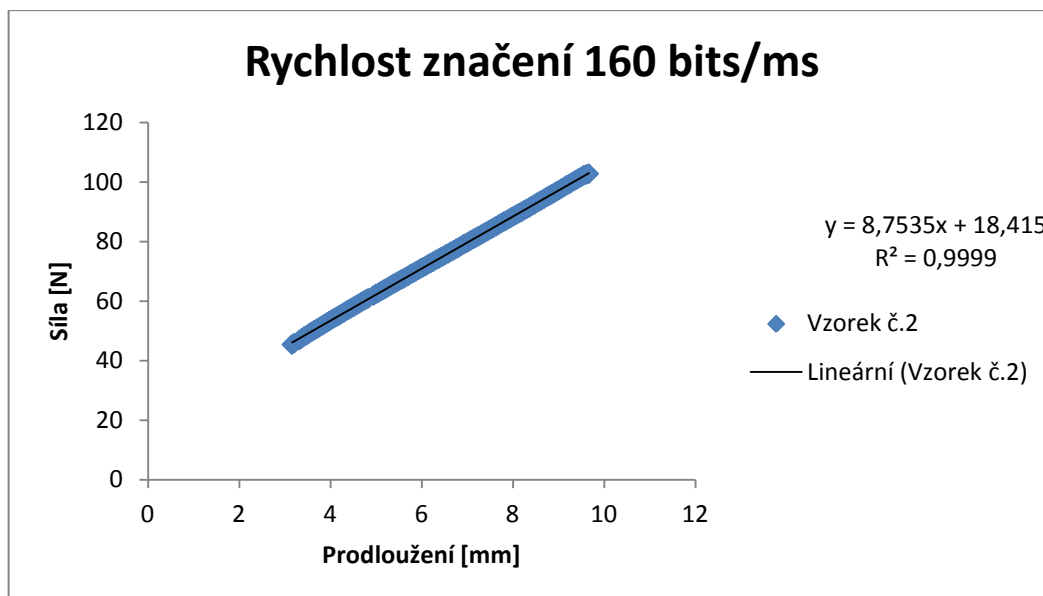
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 186: H54 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 2



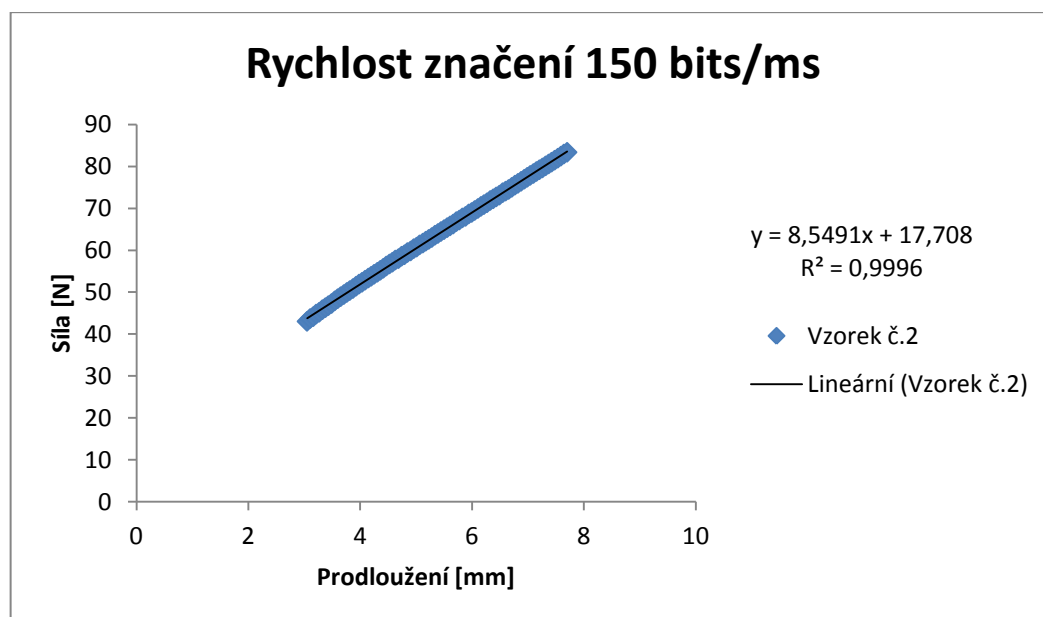
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 187: H55 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 2



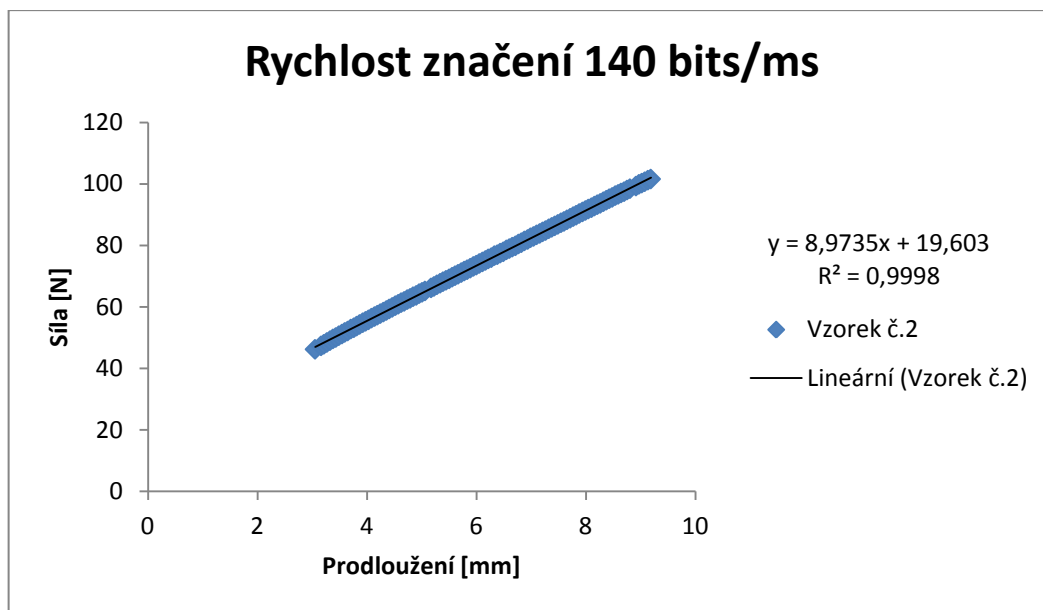
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 188: H56 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 2



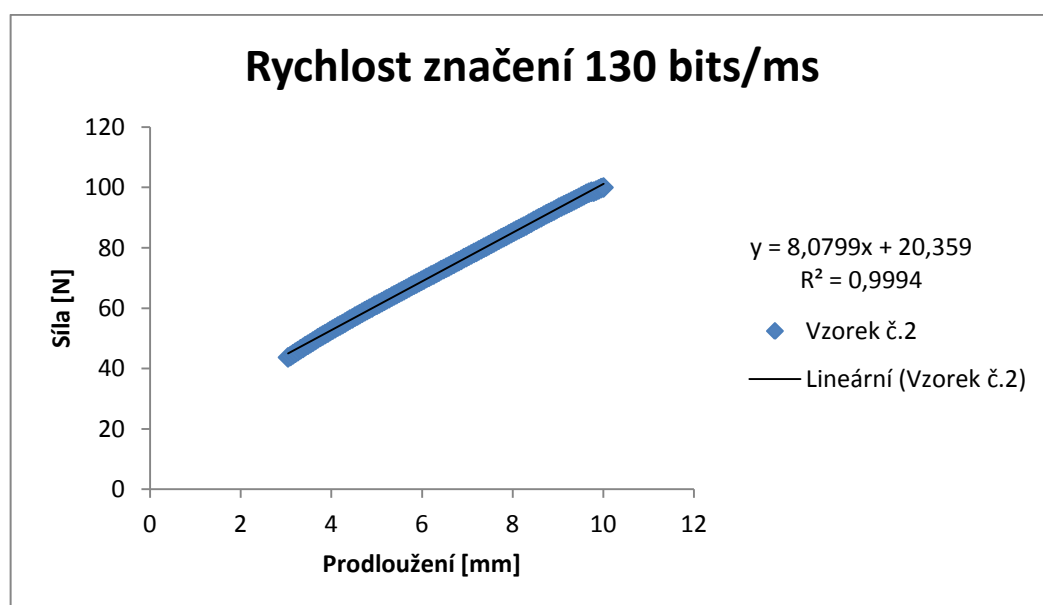
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 189: H57 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 2



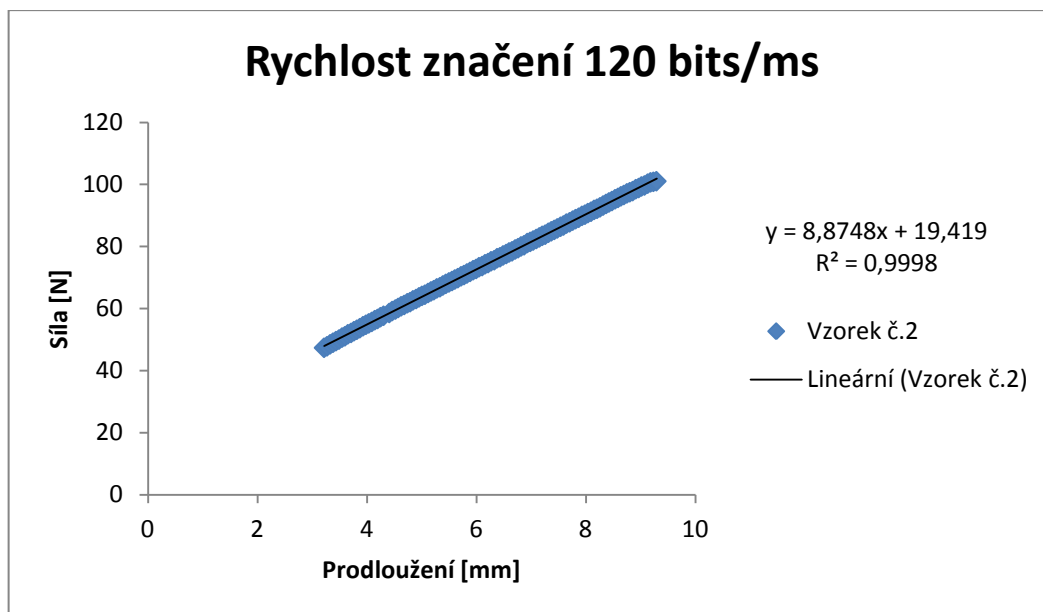
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 190: H58 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 2



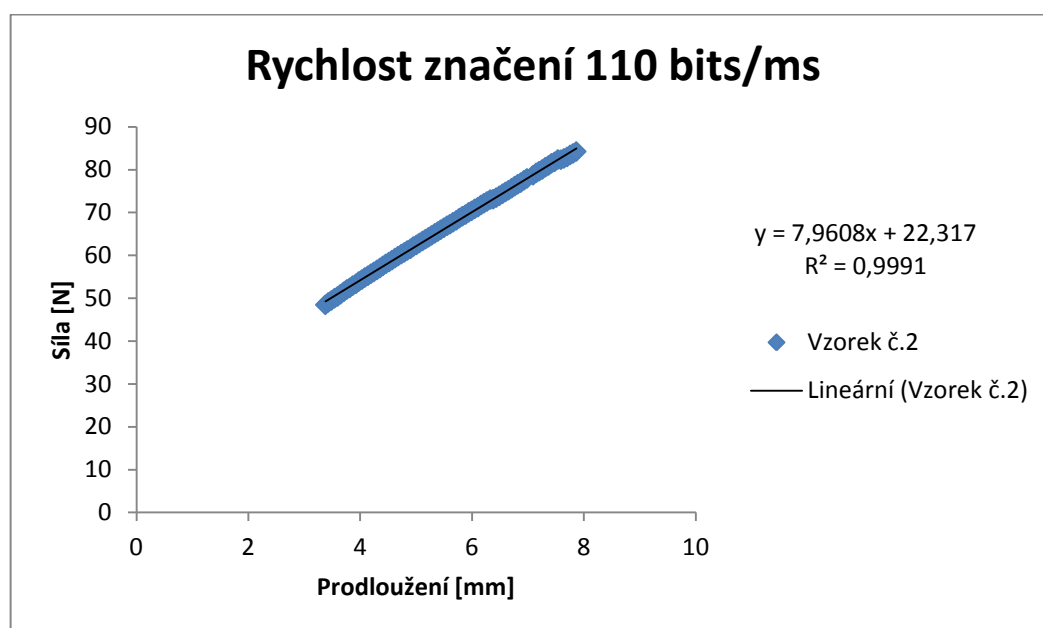
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 191: H59 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 2



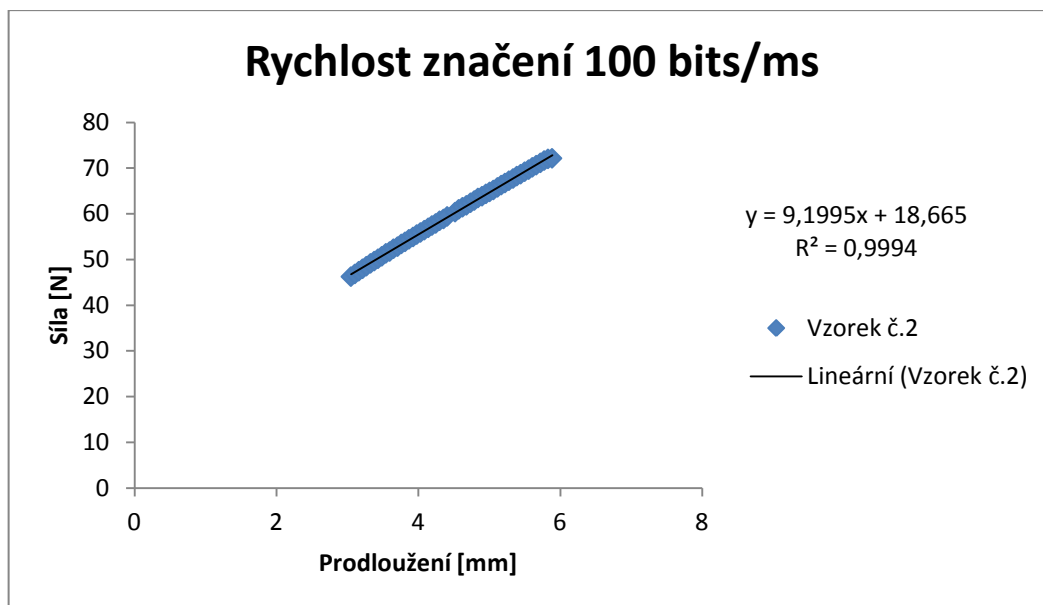
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 192: H60 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 2



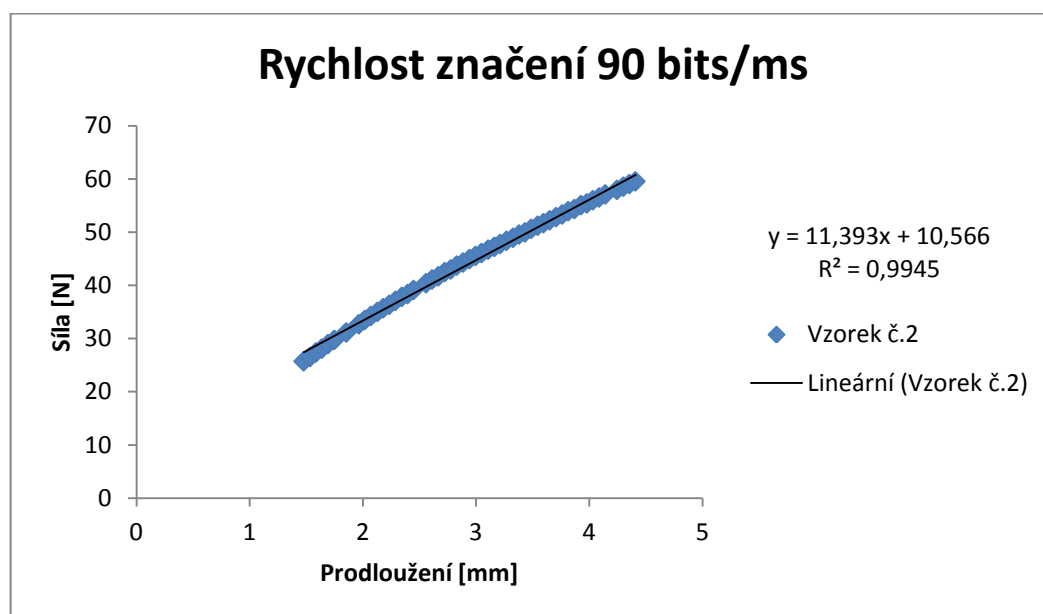
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 193: H61 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 2



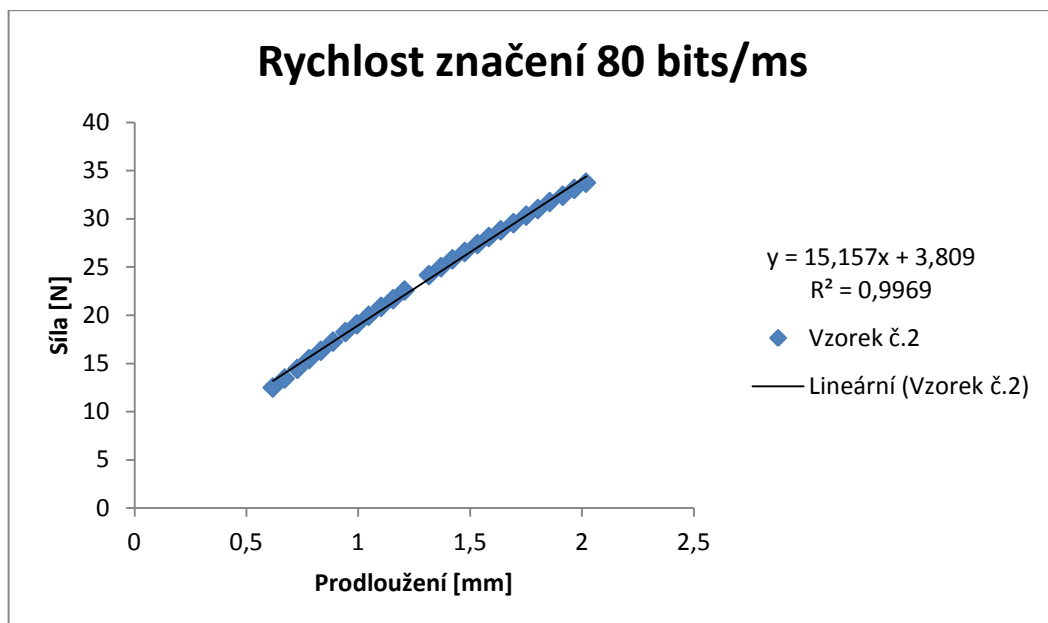
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 194: H62 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 2



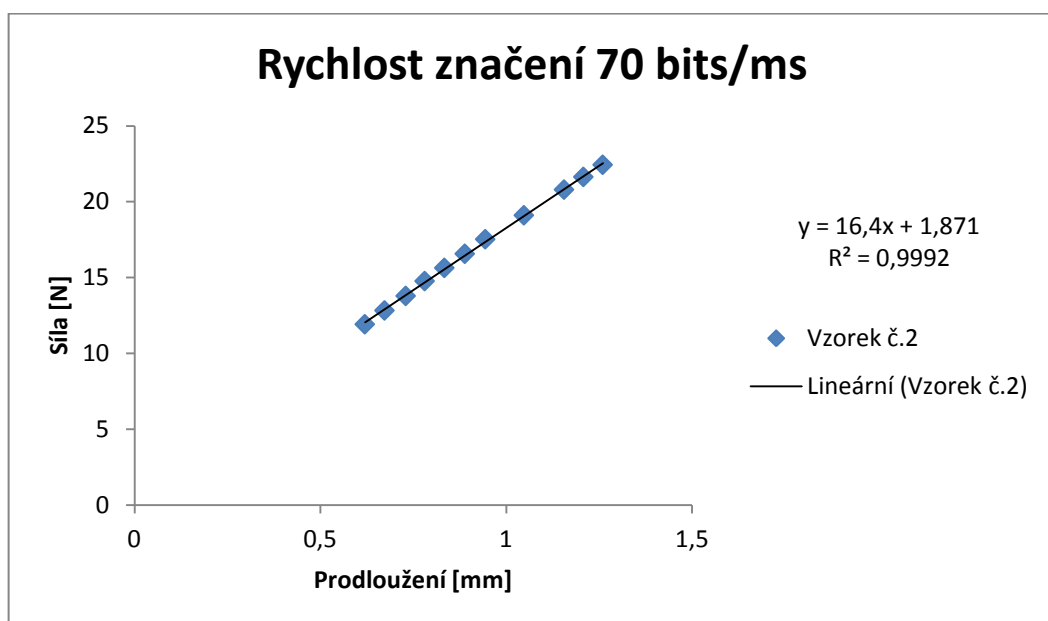
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 195: H63 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 2



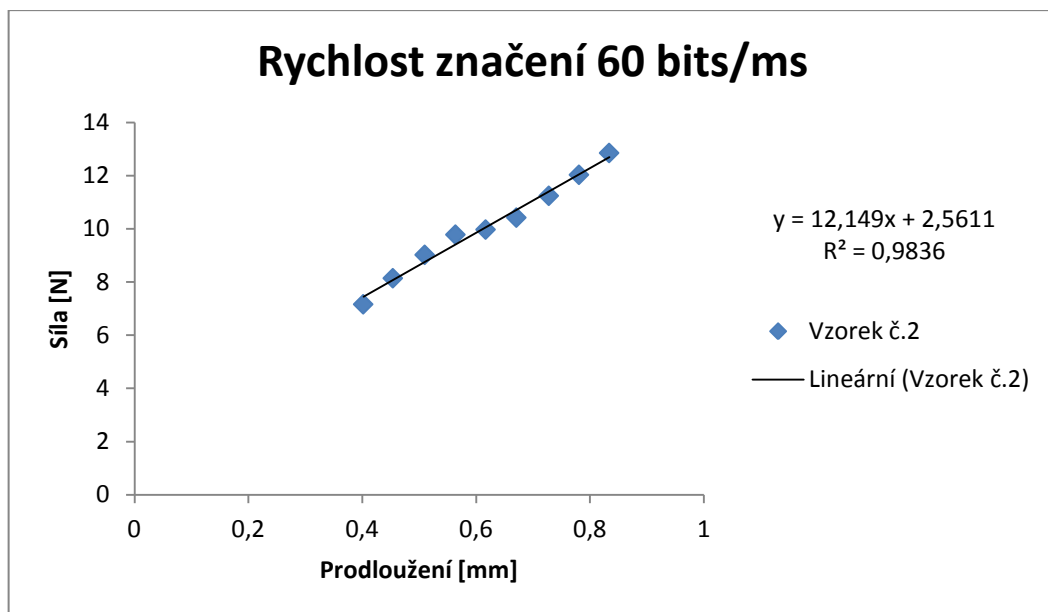
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 196: H64 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 2



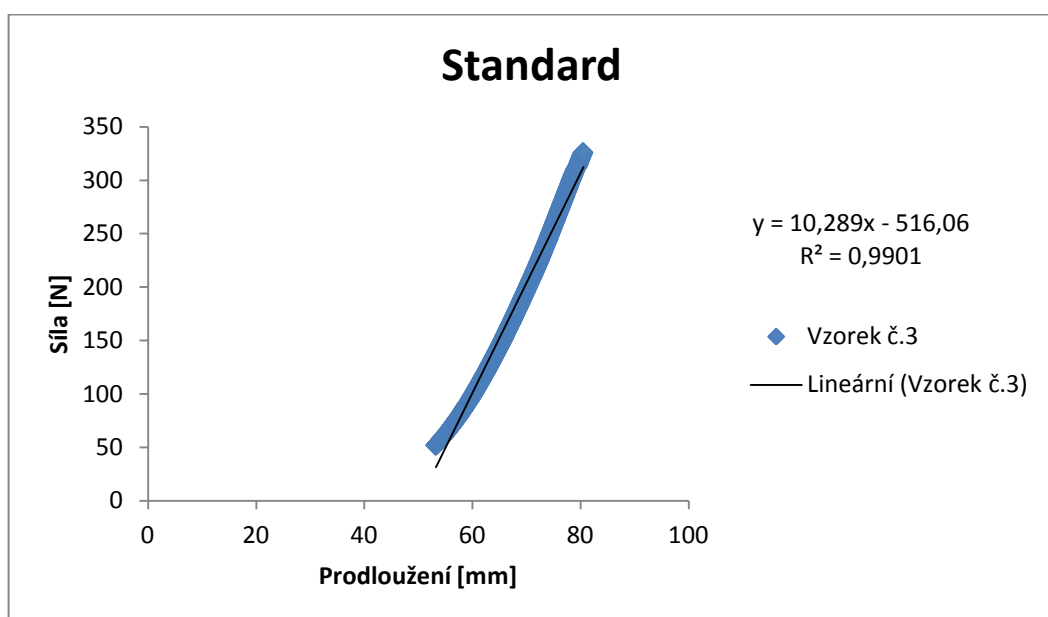
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 197: H65 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 2



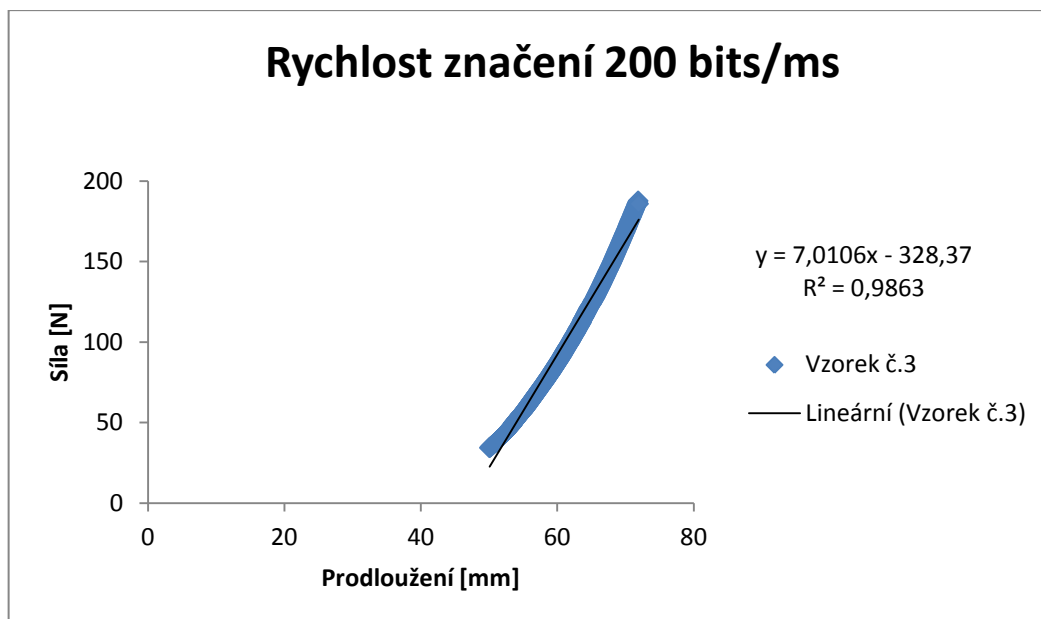
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 198: H66 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 2



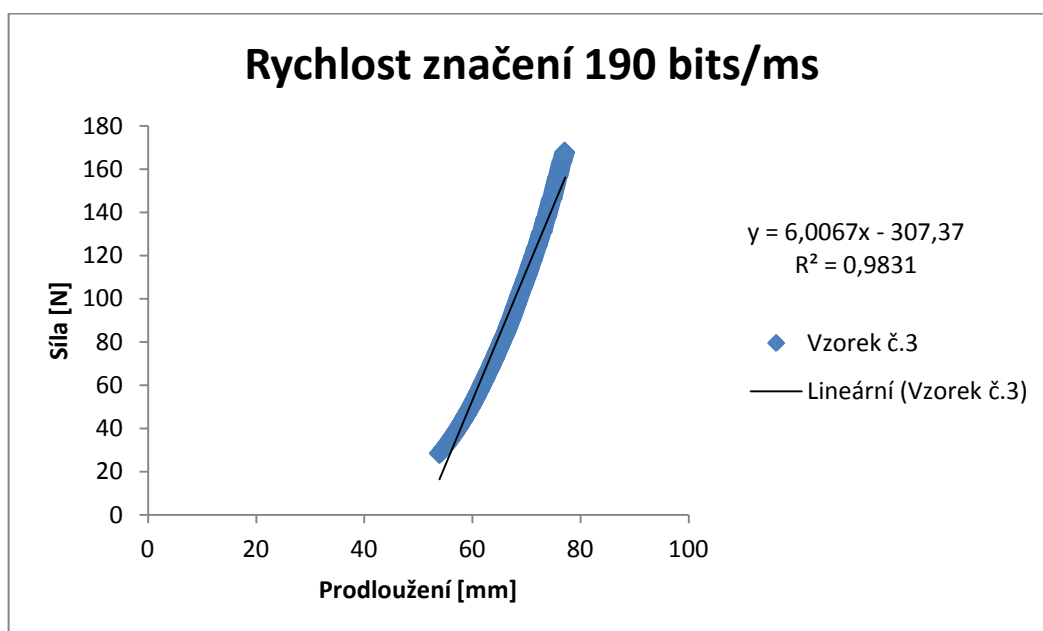
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 199: H67 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



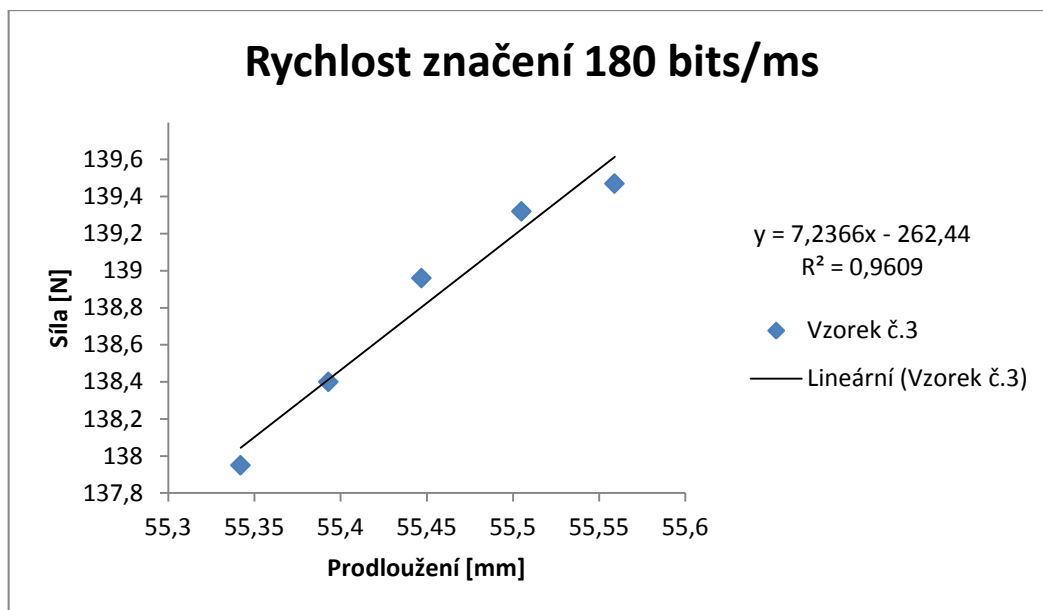
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 200: H68 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



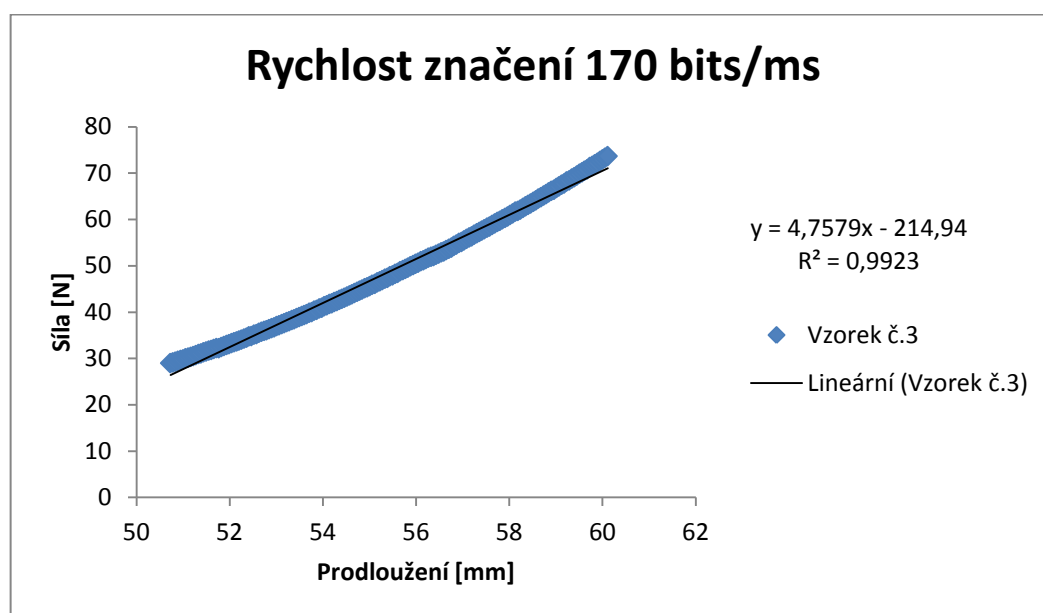
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 201: H69 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



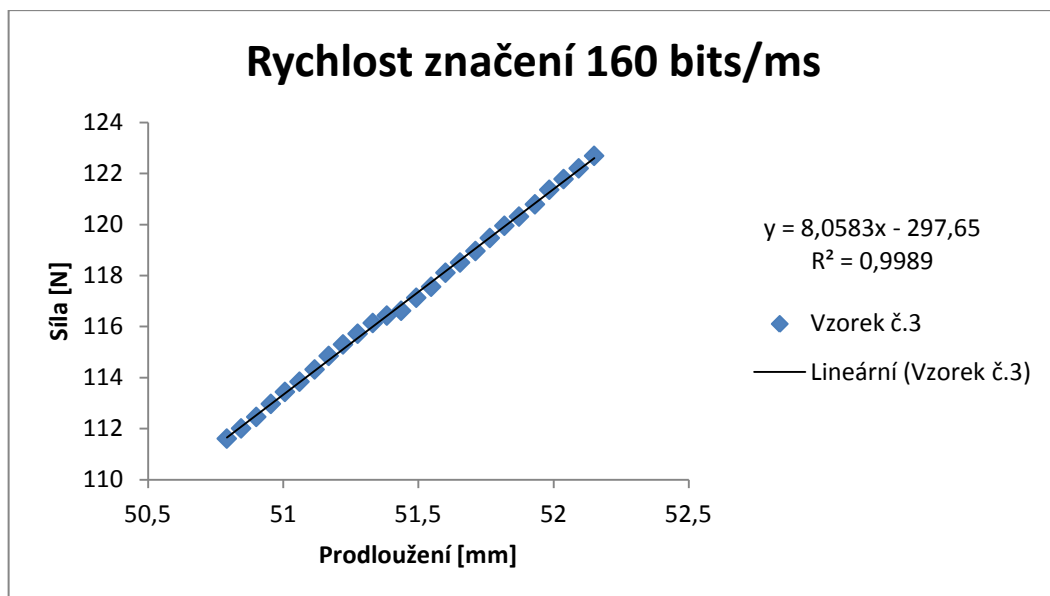
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 202: H70 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



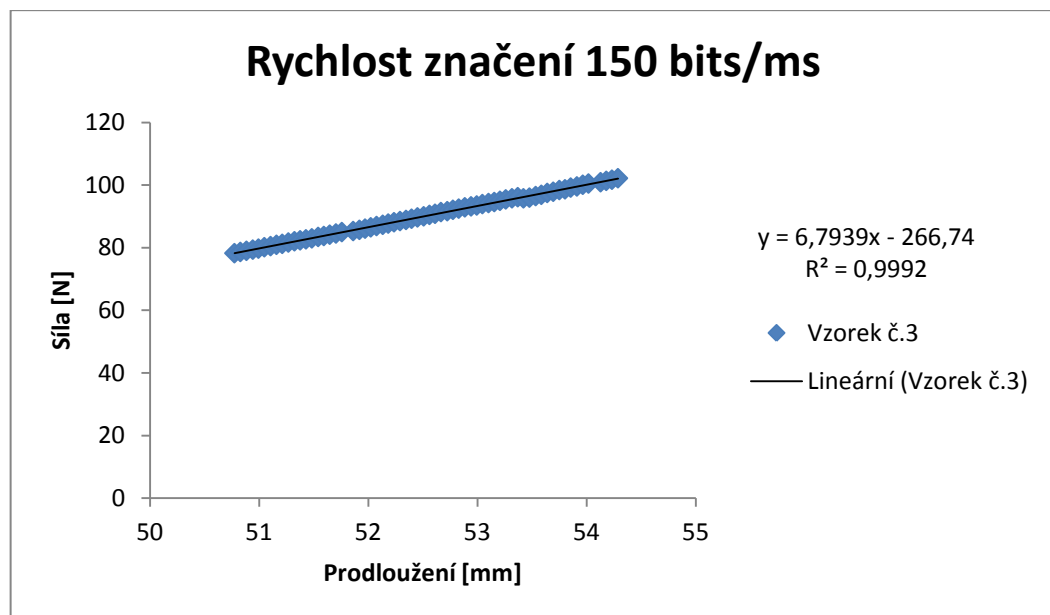
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 203: H71 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



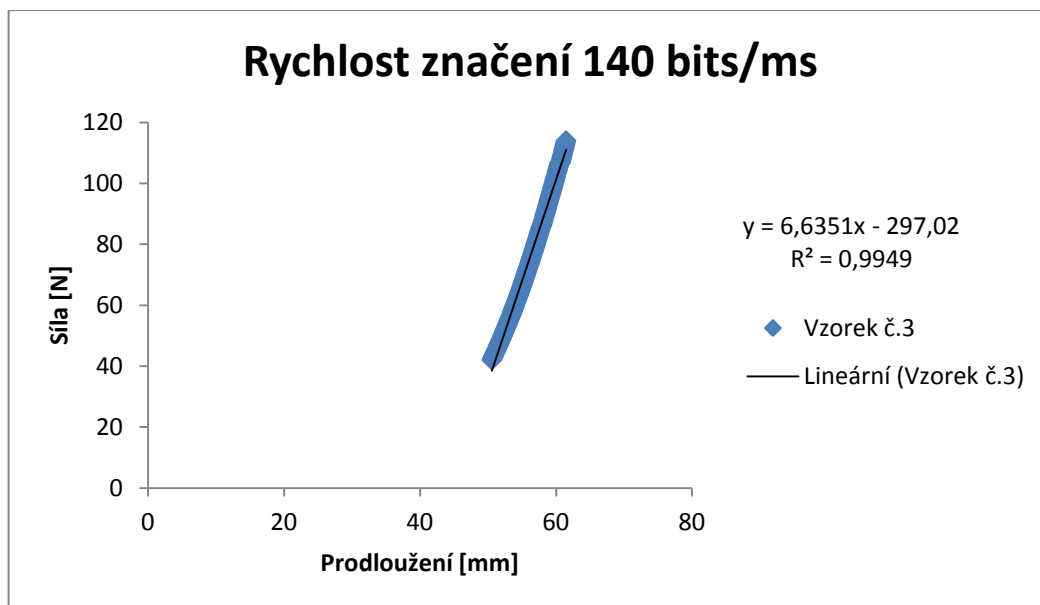
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 204: H72 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



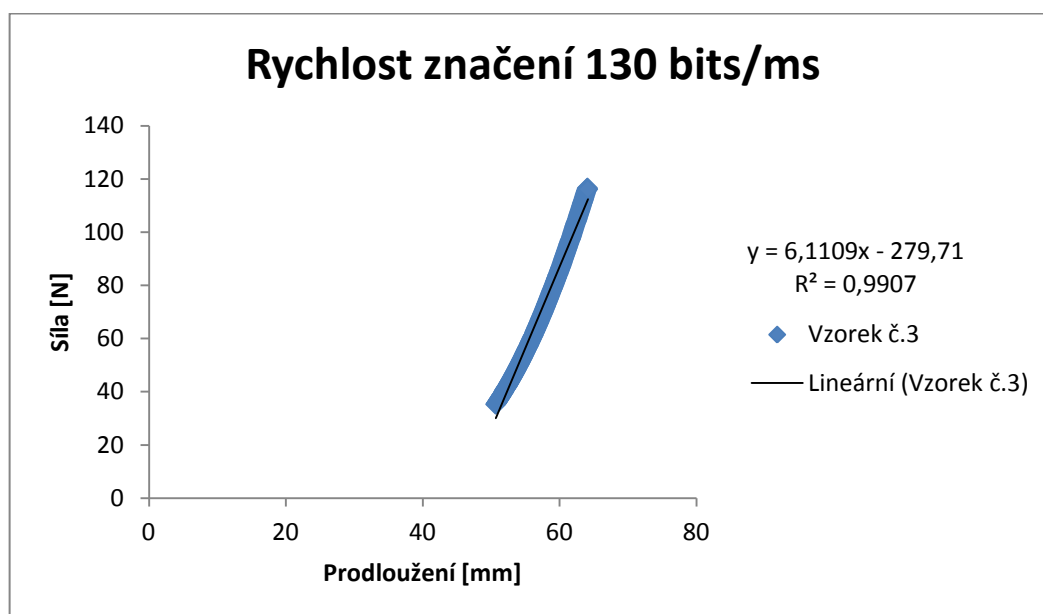
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 205: H73 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



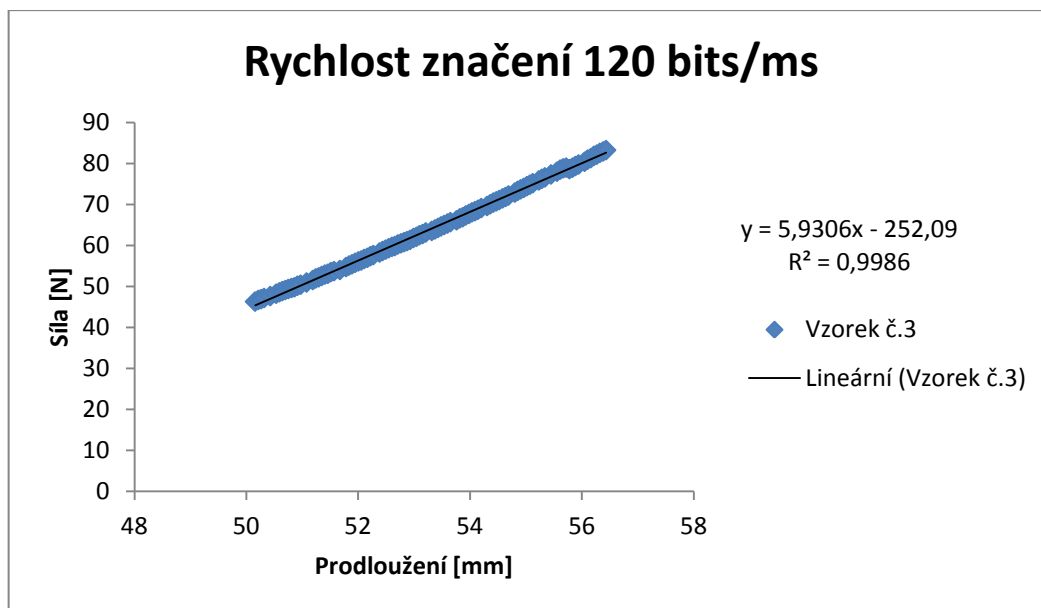
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 206: H74 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



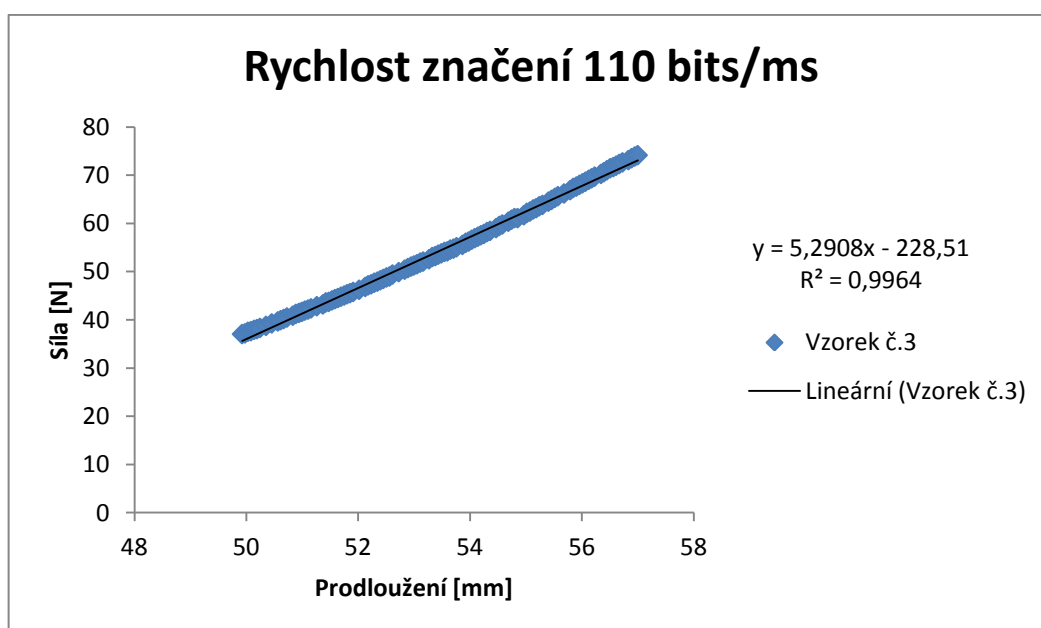
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 207: H75 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



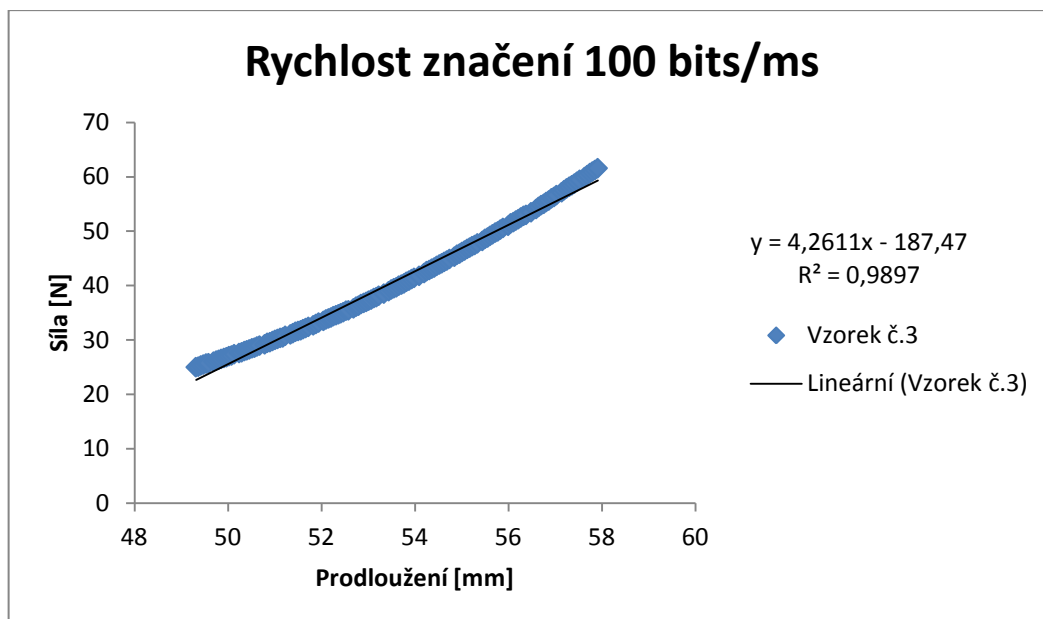
Zdroj: vlastní zpracování

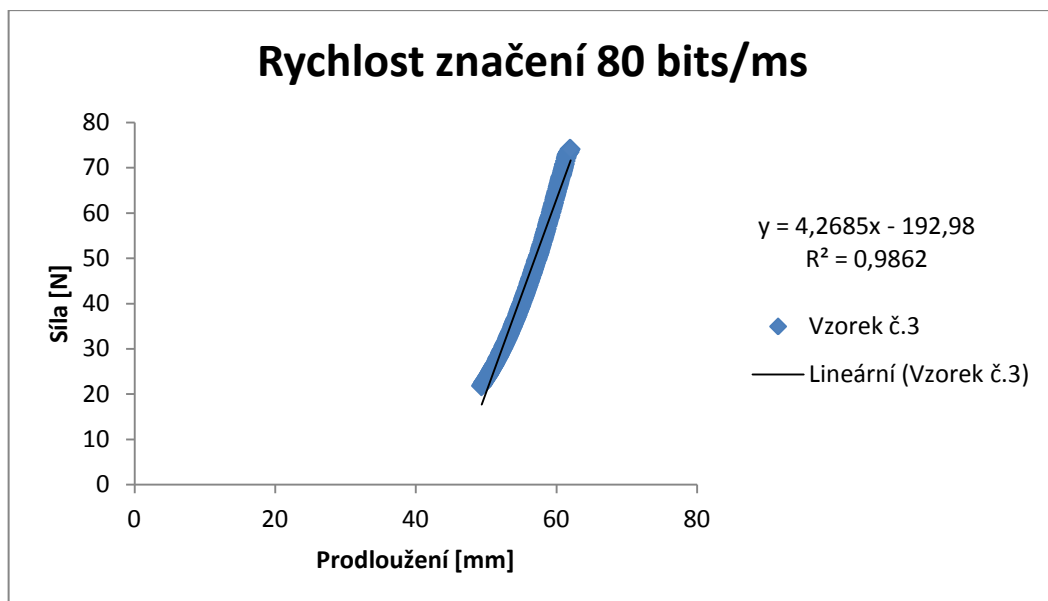
Obr. 208: H76 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



Zdroj: vlastní zpracování

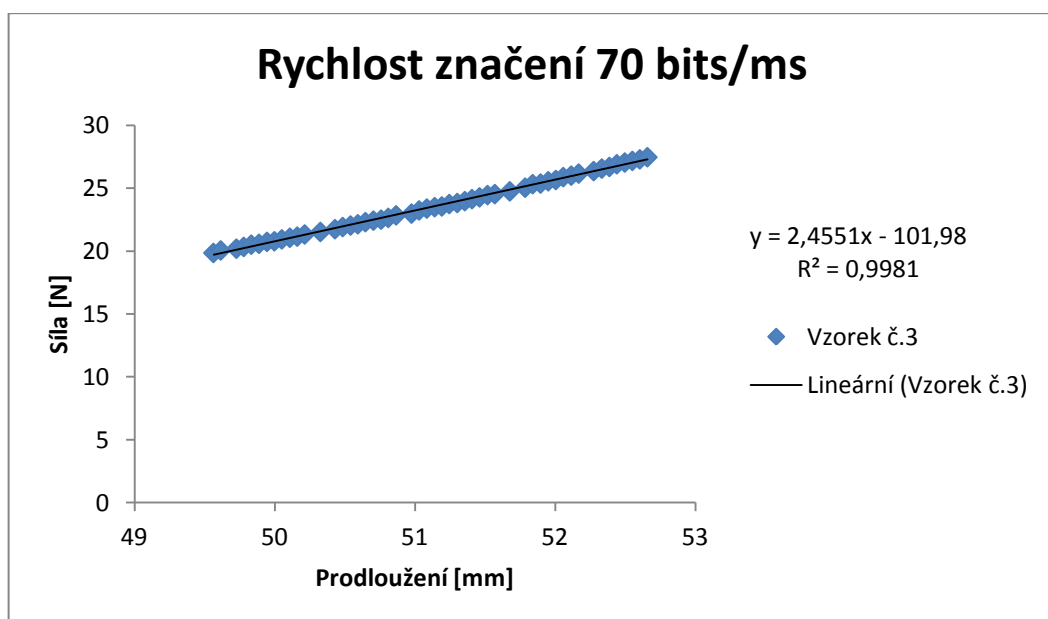
Obr. 209: H77 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3





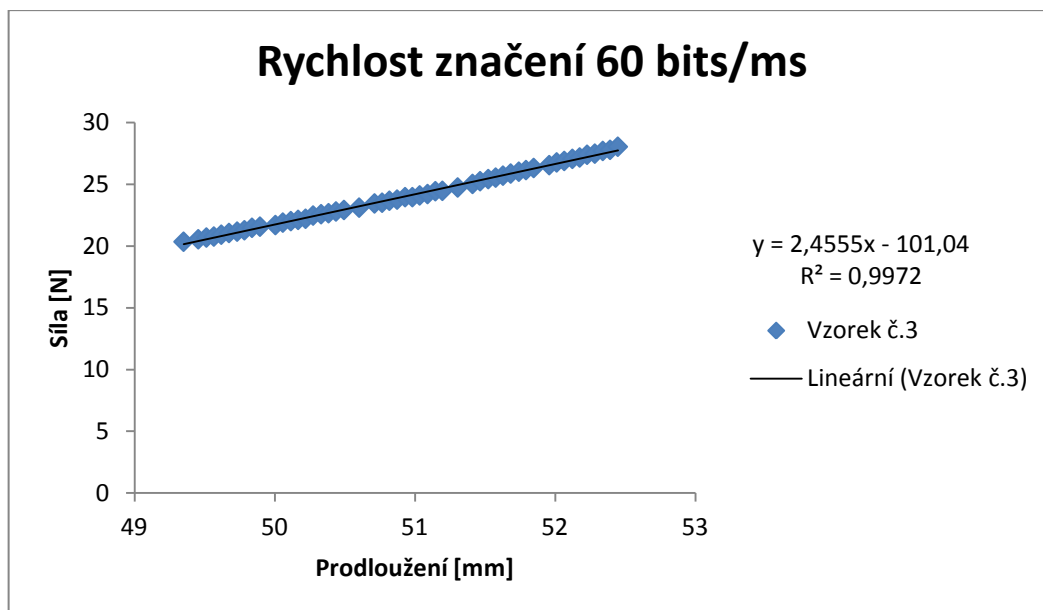
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 212: H80 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



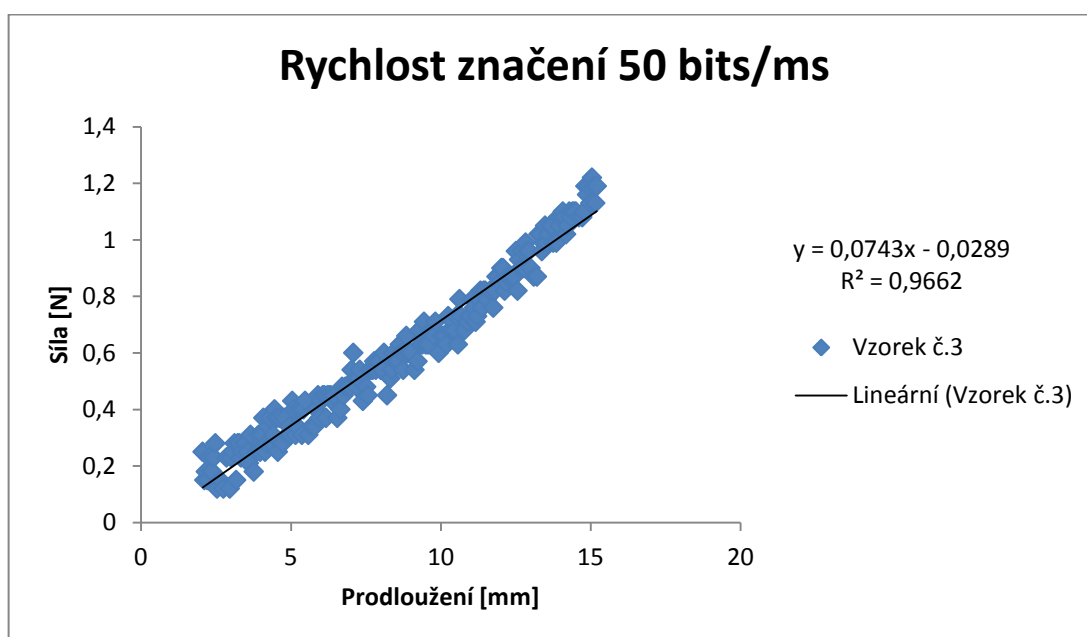
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 213: H81 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 214: H82 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 215: H83 Grafické znázornění síly potřebné k přetrhu vzorku č. 3

Příloha I

Modul pružnosti v tahu pro tkaniny [MPa] (viz kapitola 3.6.1)

Dílčí data pro: (viz obr. 90)

Tab. 62: I1 Modul pružnosti v tahu pro jednovrstvé tkaniny, vzorek č. 1
(vypočteno dle 34)

Rychlost značení [bits/ms]	Modul pružnosti [MPa]
Standard	385
200	11,61
190	10,285
180	0,45
170	0,41

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 91)

Tab. 63: I2 Modul pružnosti v tahu pro jednovrstvé tkaniny, vzorek č. 2
(vypočteno dle 34)

Rychlost značení [bits/ms]	Modul pružnosti [MPa]
Standard	378
200	44,829

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 92)

Tab. 64: I3 Modul pružnosti v tahu pro jednovrstvé tkaniny, vzorek č. 3
(vypočteno dle 34)

Rychlost značení [bits/ms]	Modul pružnosti [MPa]
Standard	985,556
200	530,693
190	462,997
180	439,724
170	373,57
160	367,51
150	359,863
140	103,665
130	83,537
120	49,572

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 93)

Tab. 65: I4 Modul pružnosti v tahu pro jednovrstvé tkaniny, vzorek č. 4
(vypočteno dle 34)

Rychlost značení [bits/ms]	Modul pružnosti [MPa]
Standard	136,559
200	63,799
190	25,994
180	21,332
170	6,946
160	5,575

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 94)

Tab. 66: I5 Modul pružnosti v tahu pro jednovrstvé tkaniny, vzorek č. 5
(vypočteno dle 34)

Rychlost značení [bits/ms]	Modul pružnosti [MPa]
Standard	690,559
200	345,266
190	270,349
180	216,723
170	186,102
160	161,359
150	152,134
140	147,182
130	71,177
120	20,929

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha J

Modul pružnosti v tahu pro úplety [MPa]

Dílčí data pro: (viz obr. 95)

Tab. 67: J6 Modul pružnosti v tahu pro jednovrstvé úplety, vzorek č. 1 (vypočteno dle 34)

Rychlost značení [bits/ms]	Modul pružnosti [MPa]
Standard	168,829
200	46,059
190	34,676
180	31,997
170	29,952
160	29,433
150	26,923
140	25,321
130	25,305
120	23,731
110	16,697
100	16,595
90	14,737
80	10,77
70	3,648
50	2,496
40	0,023

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 96)

Tab. 68: J7 Modul pružnosti v tahu pro jednovrstvé úplety, vzorek č. 2 (vypočteno dle 34)

Rychlost značení [bits/ms]	Modul pružnosti [MPa]
Standard	432,26
200	183,123
190	178,915
180	155,678
170	155,678
160	154,017
150	151,663
140	135,573
130	126,591
120	124,717
110	109,658
100	58,7745
90	52,574
80	52,574
70	26,33

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 97)

Tab. 69: J8 Modul pružnosti v tahu pro jednovrstvé úplety, vzorek č. 3 (vypočteno dle 34)

Rychlost značení [bits/ms]	Modul pružnosti [MPa]
Standard	121,256
200	24,285
190	15,223
180	13,015
170	12,968
160	11,159
150	10,856
140	10,486
130	10,255
120	7,578
110	7,272
100	7,17
90	6,019
80	3,988
70	0,027
60	0,012

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 98)

Tab. 70: J9 Modul pružnosti v tahu pro jednovrstvé úplety, vzorek č. 4 (vypočteno dle 34)

Rychlost značení [bits/ms]	Modul pružnosti [MPa]
Standard	18,253
200	7,996
190	7,34
180	5,632
170	0,71
160	0,16
150	0,12
140	0,008

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha K

Závislost pevnosti na rychlosti značení laseru u tkanin (viz kapitola 3.6.1)

Dílčí data pro: (viz obr. 99)

Tab. 71: K1 Závislost pevnosti na rychlosti značení laseru u tkanin č. 1

Standard	Rychlost značení [bits/ms]	Pevnost [N]
615,2	200	4,45
615,2	190	4,11
615,2	180	3,940
615,2	170	2,290
615,2	160	0
615,2	150	0
615,2	140	0
615,2	130	0
615,2	120	0
615,2	110	0
615,2	100	0
615,2	90	0
615,2	80	0
615,2	70	0
615,2	60	0
615,2	50	0
615,2	40	0
615,2	30	0
615,2	20	0
615,2	10	0

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 100)

Tab. 72: K2 Závislost pevnosti na rychlosti značení laseru u tkanin č. 2

Standard	Rychlost značení [bits/ms]	Pevnost [N]
736,6	200	15,4
736,6	190	0
736,6	180	0
736,6	170	0
736,6	160	0
736,6	150	0
736,6	140	0
736,6	130	0
736,6	120	0
736,6	110	0
736,6	100	0
736,6	90	0
736,6	80	0
736,6	70	0
736,6	60	0
736,6	50	0
736,6	40	0
736,6	30	0
736,6	20	0
736,6	10	0

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 101)

Tab. 73: K3 Závislost pevnosti na rychlosti značení laseru u tkanin č. 3

Standard	Rychlost značení [bits/ms]	Pevnost [N]
986,8	200	266,65
986,8	190	165,66
986,8	180	148,57
986,8	170	144,22
986,8	160	105,33
986,8	150	102,51
986,8	140	54,82
986,8	130	33,72
986,8	120	21,92
986,8	110	0
986,8	100	0
986,8	90	0
986,8	80	0
986,8	70	0
986,8	60	0
986,8	50	0
986,8	40	0
986,8	30	0
986,8	20	0
986,8	10	0

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 102)

Tab. 74: K4 Závislost pevnosti na rychlosti značení laseru u tkanin č. 4

Standard	Rychlost značení [bits/ms]	Pevnost [N]
1037,5	200	18,87
1037,5	190	12,95
1037,5	180	10,74
1037,5	170	7,24
1037,5	150	4,37
1037,5	140	2,09
1037,5	130	0
1037,5	120	0
1037,5	110	0
1037,5	100	0
1037,5	90	0
1037,5	80	0
1037,5	70	0
1037,5	60	0
1037,5	50	0
1037,5	40	0
1037,5	30	0
1037,5	20	0
1037,5	10	0

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 103)

Tab. 75: K5 Závislost pevnosti na rychlosti značení laseru u tkanin č. 5

Standard	Rychlost značení [bits/ms]	Pevnost [N]
1586	200	499,04
1586	190	368,99
1586	180	328,48
1586	170	284,54
1586	160	265,04
1586	150	238,02
1586	140	115,08
1586	130	91,01
1586	120	44,14
1586	110	0
1586	100	0
1586	90	0
1586	80	0
1586	70	0
1586	60	0
1586	50	0
1586	40	0
1586	30	0
1586	20	0
1586	10	0

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha L

Závislost pevnosti na rychlosti značení laseru u úpletu (viz kapitola 3.6.1)

Dílčí data pro: (viz obr. 104)

Tab. 76: L6 Závislost pevnosti na rychlosti značení laseru u úpletu č. 1

Standard	Rychlost značení [bits/ms]	Pevnost [N]
74,114	200	40,948
74,114	190	37,799
74,114	180	37,589
74,114	170	36,473
74,114	160	36,27
74,114	150	35,783
74,114	140	34,638
74,114	130	33,174
74,114	120	32,858
74,114	110	31,82
74,114	100	30,909
74,114	90	30,065
74,114	80	27,821
74,114	70	22,547
74,114	60	19,512
74,114	50	15,278
74,114	40	8,194
74,114	30	0
74,114	20	0
74,114	10	0

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 105)

Tab. 77: L7 Závislost pevnosti na rychlosti značení laseru u úpletu č. 2

Standard	Rychlost značení [bits/ms]	Pevnost [N]
39,282	200	10,007
39,282	190	9,723
39,282	180	9,291
39,282	170	9,253
39,282	160	9,187
39,282	150	8,466
39,282	140	8,411
39,282	130	7,867
39,282	120	7,747
39,282	110	7,244
39,282	100	5,887
39,282	90	5,119
39,282	80	2,672
39,282	70	2,131
39,282	60	1,856
39,282	50	0
39,282	40	0
39,282	30	0
39,282	20	0
39,282	10	0

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 106)

Tab. 78: L8 Závislost pevnosti na rychlosti značení laseru u úpletu č. 3

Standard	Rychlost značení [bits/ms]	Pevnost [N]
80,517	200	77,094
80,517	190	73,164
80,517	180	66,369
80,517	170	66,002
80,517	160	64,229
80,517	150	64,106
80,517	140	62,744
80,517	130	61,946
80,517	120	61,555
80,517	110	59,56
80,517	100	58,529
80,517	90	57,11
80,517	80	56,983
80,517	70	55,498
80,517	60	53,379
80,517	50	25,463
80,517	40	0
80,517	30	0
80,517	20	0
80,517	10	0

Zdroj: vlastní zpracování

Dílčí data pro: (viz obr. 107)

Tab. 79: L9 Závislost pevnosti na rychlosti značení laseru u úpletu č. 4

Standard	Rychlost značení [bits/ms]	Pevnost [N]
18,235	200	117,08
18,235	190	106,15
18,235	180	95,15
18,235	170	23,41
18,235	160	15,82
18,235	150	11,81
18,235	140	5,34
18,235	130	0
18,235	120	0
18,235	110	0
18,235	100	0

Zdroj: vlastní zpracování